

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

В.о.завідувача кафедри

_____ Защепкіна Н.М.

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
на тему: «Вимірювання показників якості соняшникової олії в
технологічному процесі очищення»

Виконав:

Студент VI курсу, групи ПН-81мп
Солонінко Ю.М.

Керівник:

к.т.н., ст. в. Таранов В.В.

Консультант з «Розроблення стартап-проекту»:

д.е.н., доцент Бояринова К.О.

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Факультет приладобудівний

Кафедра наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем

Освітній ступінь “магістр”

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Спеціалізація 152 Інформаційно-вимірювальні технології екологічної безпеки

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

В.о.завідувача кафедри

_____ Зацепкіна Н.М.

_____” _____ 2019 р.

ІНДИВІДУАЛЬНИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ПЛАН
НА ДРУГИЙ РІК НАВЧАННЯ
МАГІСТРАНТА СОЛОНІНКО ЮРІЯ МИКОЛАЙОВИЧА

1. Тема проекту «Вимірювання показників якості соняшникової олії в технологічному процесі очищення», керівник проекту Таранов Віктор Васильович, старший викладач., к.т.н. затверджені наказом по Університету від " ____ " _____ 2019 р. № ____.

2. Термін здачі оформленої дисертації “9” грудня 2019 р.

3. Об’єкт дослідження – інформаційна вимірювальна технологія контролю вибраних показників якості соняшникової олії методами та засобами лазерної дифрактометрії та флуоресцентної спектрофотометрії в технологічних процесах очищення.

4. Предмет дослідження – процес реєстрації мілкодисперсних включень соняшникової олії вимірювальних макетом на базі лазерного вимірювача дисперсності ВДЛ-1М та визначення характеристичних квантових відгуків флуоресценції досліджуваних зразків.

5. Перелік питань, які мають бути досліджені.

5.1 Теоретичні дослідження:

5.1.1 Фізико-хімічні показники соняшникової олії різного якісного та кількісного складу.

5.1.2 Огляд технологічних прийомів та засобів очищення соняшникової олії на різних стадіях її виготовлення.

5.1.3 Провести огляд та дослідження характеристик малогабаритних вимірювальних засобів та інформаційних вимірювальних систем придатних

для контролю мілкодисперсних розмірних фракцій органічної та неорганічної природи в досліджуваних зразках.

5.1.4 Методики контролю об'єктивних показників якості соняшникової олії в окремих ланках технологічного процесу сучасними оптико-електронними вимірювальними засобами.

5.1.5. Порівняльна характеристика засобів флуоресцентної спектрофотометрії в контролі інформативних показників соняшникової олії різного якісного та кількісного складу на окремих етапах її виробництва.

5.2 Експериментальні дослідження:

5.2.1 Обґрунтування доцільності розробки інформаційної вимірювальної технології контролю вибраних показників соняшникової олії методами та засобами лазерної дифрактометрії та флуоресцентної спектрофотометрії в технологічних процесах очищення.

5.2.2 Провести комплекс досліджень відповідно до теми магістерської дисертації за допомогою вимірювального макету бази лазерного вимірювача дисперсності та модулю реєстрації квантового виходу люмінесценції досліджуваних зразків.

5.2.3. Розробити алгоритм проведення вимірів мілкодисперсних часток автоматизованими засобами вимірювального макету.

5.2.4 Провести апробацію методики реєстрації квантового відгуку люмінесценції зразків соняшникової олії в технологічному процесі очищення.

6. Перелік публікацій:

6.1 Опублікувати 1 статтю в науковому журналі.

6.2 Підготувати 1 доповідь на конференції із публікацією тез.

7. Перелік ілюстративного матеріалу (3 арк.)

7.1 Алгоритм проведення вимірювань та структурна схема вимірювального стенду.

7.2 Результати апробації вимірювального макету на базі лазерного вимірювача дисперсності ВДЛ-1М та модулю реєстрації флуоресценції зразків згідно умов експерименту.

8. Педагогічна практика.

8.1 Прийняти участь в обговоренні 2-х курсових робіт з дисципліни «Метрологічне забезпечення ІВС».

8.2. Провести під контролем викладача лабораторне заняття з дисципліни «Метрологічне забезпечення ІВС».

Дата видачі

Науковий керівник

Прийняв до виконання

“___” вересня 2019 р.

_____В.В. Таранов

_____Солонінко Ю.М.

9. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 5. Стартап проект «Вимірювання показників якості соняшникової олії в технологічному процесі очищення»	Бояринова К.О., доктор економічних наук, доцент		

10. Дата видачі завдання “___” _____ 2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд фізико-хімічних показників соняшникової олії різного якісного та кількісного складу.		
2	Огляд технологічних прийомів та засобів очищення соняшникової олії на різних стадіях її виготовлення.		
3	Дослідження характеристик оптичних малогабаритних вимірювальних засобів придатних для контролю вибраних показників якості соняшникової олії		
4	Методики контролю об’єктивних показників якості соняшникової олії в окремих ланках технологічного процесу сучасними оптико-електронними вимірювальними засобами.		
5	Порівняльна характеристика засобів флуоресцентної спектро-фотометрії в контролі інформативних показників соняшникової олії різного якісного та кількісного складу на окремих етапах її виробництва.		
6	Обґрунтування доцільності розробки інформаційної вимірювальної технології контролю вибраних показників соняшникової олії методами та засобами лазерної дифрактометрії та флуоресцентної спектрофотометрії в технологічних процесах очищення.		
7	Розробка алгоритму проведення вимірів мілкодисперсних часток автоматизованими засобами вимірювального макету.		
8	Апробація методики реєстрації квантового відгуку люмінесценції зразків соняшникової олії в технологічному процесі очищення.		
9	Аналіз та узагальнення отриманих результатів		

Дата видачі

Науковий керівник

Прийняв до виконання

“___” вересня 2019 р.

_____ В. В. Таранов

_____ Ю.М. Солонінко

РЕФЕРАТ

Актуальність теми. Контроль однорідності (дисперсності) соняшникової олії у виробничому процесі є важливим етапом забезпечення відповідності виробленого продукту вимогам ДСТУ. Вимірювання можуть включати ідентифікацію домішок неолійної природи (сміття, частки лузги насіння, залишки фільтрувальних глин та суспензій) та мікрогенних олійних твердих включень (воски, парафіни, стерини, та ін) [2].

Запропонований нами метод сортової та видової ідентифікації соняшникової олії в процесі реєстрації квантового виходу люмінесценції досліджуваних зразків дозволяє проводити вхідний, поточний та вихідний контроль соняшникової олії у виробничих циклах її виготовлення.

Розглянуті методи контролю вибраних інформативних показників соняшникової олії різного сортового і видового складу, пропонуване інструментальне забезпечення вимірів, дозволяє проводити комплексний аналіз соняшникової олії на об'єктах олієпереробної промисловості. Інформаційна вимірювальна технологія контролю вибраних показників якості соняшникової олії забезпечують дотримання відповідності її вибраних фізико-хімічних показників технологічним картам виробника в режимі реального часу.

Об'єктом дослідження є інформаційна вимірювальна технологія контролю вибраних показників якості соняшникової олії методами та засобами лазерної дифрактометрії та флуоресцентної спектрофотометрії в технологічних процесах очищення.

Предмет дослідження – процес реєстрації мілкодисперсних включень соняшникової олії вимірювальних макетом на базі лазерного вимірювача дисперсності ВДЛ-1М та визначення характеристичних квантових відгуків флуоресценції досліджуваних зразків.

Метою роботи є вдосконалення інформаційної вимірювальної технології контролю вибраних показників соняшникової олії методами та

засобами лазерної дифрактометрії та флуоресцентної спектрофотометрії в технологічних процесах очищення.

Наукова новизна роботи полягає у доповненні класичних лабораторних фізико-хімічних методів контролю показників якості соняшникової олії в технологічних процесах її очищення пропонованою комплексною методикою експрес діагностики методами і засобами лазерної дифрактометрії та флуоресцентної спектрофотометрії.

Практична цінність роботи полягає у апробації вищезазначених методів та засобів, пропонується у вигляді вимірювального приладу та методики його застосування, може використовуватися підприємствами олієпереробного комплексу в поточному та лабораторному контролі соняшникової олії.

Апробація роботи. Результати роботи висвітлені в наступних статтях що пройшли рецензування та опубліковані:

- Солонінко Ю.М. Контроль дисперсності гідравлічних олив вибраними оптичними методами аналізу /Ю.М. Солонінко, А.В. Оверчук// Міжнародна наукова конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення", Wyższa Szkoła Społeczno-Gospodarcza, Przeworsk (Poland), 11-12 грудня 2019 р – Вип.44. – С. 81-85.

- Солонінко Ю.М. Експрес-метрія показників якості соняшникової олії в технологічному процесі очищення /Ю.М. Солонінко, М.Р. Мельник, А.В. Оверчук// IV Міжнародна науково-практична конференція "Потенціал сучасної науки", м. Київ. 10-11 грудня 2019 року – Вип. 4 (Ч.4) – С. 57-59.

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, 44 рисунків, 29 таблиць, списку використаних джерел із 37 позицій. Загальний обсяг роботи – 107 сторінок, з яких основна частина викладена на 107 сторінках.

Ключові слова: вдосконалення методу, люмінесцентний метод, лазерна дифрактометрія, спектрофотометрія, соняшникова олія, контроль показників якості.

ABSTRACT

Actuality of theme. Control of the homogeneity (dispersion) of sunflower oil in the production process is an important step in ensuring that the manufactured product meets the requirements of DSTU. Measurements may include identification of impurities of a non-oil nature (debris, particles of seed husks, residues of filter clays and suspensions) and microgenic oil solids (waxes, paraffins, sterols, etc.) [2].

Our proposed method of varietal and species identification of sunflower oil in the process of recording the quantum yield of luminescence of the studied samples allows to conduct an input, current and output control of sunflower oil in the production cycles of its production.

The methods of control of the selected informative indices of sunflower oil of different varieties and species composition are considered, the instrumentation of measurements is offered, it is possible to carry out a comprehensive analysis of sunflower oil on the objects of oil refining industry. Information measuring technology of control of selected sunflower oil quality indicators ensure compliance of its selected physical and chemical indicators with the manufacturer's technological maps in real time.

The object of the study is information measuring technology of control of selected indicators of quality of sunflower oil by methods and means of laser diffractometry and fluorescence spectrophotometry in the technological processes of purification.

The subject of the study is the process of registration of fine inclusions of sunflower oil by measuring the model on the basis of the laser dispersion meter VDL-1M and determining the characteristic quantum responses of the fluorescence of the samples.

The purpose of the work is to improve the information measuring technology of the control of selected indicators of sunflower oil by methods and means of laser diffractometry and fluorescence spectrophotometry in the technological processes of purification.

The scientific novelty of the work is to supplement the classical laboratory physicochemical methods of controlling the quality of sunflower oil in the technological processes of its purification by the proposed complex method of rapid diagnostics by methods and means of laser diffractometry and fluorescence spectrophotometry.

The practical value of the work is to approve the above methods and means, offered in the form of a measuring device and methods of its application, can be used by the enterprises of oil-processing complex in the current and laboratory control of sunflower oil.

Testing the work. The results of the work are covered in the following peer-reviewed articles and published:

- Soloninko Yu.M. Control of the dispersion of hydraulic oils by selected optical methods of analysis / Yu.M. Soloninko, A.V. Overchuk // International Scientific Conference "Information Society: Technological, Economic and Technical Aspects of Becoming", Wyższa Szkoła Społeczno-Gospodarcza, Przeworsk (Poland), December 11-12, 2019 - Issue 44. - pp. 81-85.

- Soloninko Yu.M. Express metric of quality indicators of sunflower oil in the process of purification / Yu.M. Soloninko, M.R. Melnyk, A.V. Overchuk // IV International Scientific and Practical Conference "The Potential of Modern Science", Kyiv. December 10-11, 2019 - Iss. 4 (Part 4) - pp. 57-59.

Structure and scope of work. The work consists of an introduction, four sections, conclusions, 44 figures, 29 tables, a list of sources used from 37 positions. The total volume of work is 107 pages, of which the main part is set out on 107 pages.

Keywords: method improvement, luminescent method, laser diffractometry, spectrophotometry, sunflower oil, quality control.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИОЙМИ ОЧИЩЕННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ТА НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ЯКОСТІ.....	15
1.1 Характеристика фізико-хімічних показників насіння соняшнику та соняшnikової олії.....	15
1.2 Супутні речовини присутні в соняшниковій олії в процесі її виробництва.....	17
1.3. Стан теорії і техніки очистки соняшникової олії в технологічних процесах її виготовлення.....	19
1.3.1 Особливості фізичних методів рафінації соняшникової олії.....	19
1.3.2. Хімічні методи рафінації соняшникової олії.....	20
1.3.3 Лужна рафінація соняшникової олії.....	23
1.3.4. Адсорбційна рафінація (відбілювання соняшникової олії).....	25
1.3.5. Дезодорація соняшникової олії в технологічному процесі очищення...25	
1.3.6. Виморожування (вінтеризація) соняшникової олії.....	27
1.4. Мембранний спосіб очищення соняшникової олії.....	29
ВИСНОКИ ДО РОЗДІЛУ 1.....	33
РОЗДІЛ 2. ВИБРАНІ ОПТИЧНІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇЗ.....	4
2.1. Природа електромагнітного випромінювання УФ- та видимого діапазону довжин хвиль.....	35
2.2. Способи представлення спектрофотометричних даних.....	37
2.3 Фізичні основи люмінесценції та інформативність люмінесцентного методу.....	38
2.5 Будова та основні вузли УФ-спектрофотометрів.....	41
2.6 Огляд комерційних зразків спектроенергетичних вимірювальних засобів придатних для вимірювання квантового відгуку люмінесценції зразків.....	43
2.7 Теоретичні аспекти дисперсного аналізу супутніх включень та домішок соняшникової олії.....	47

2.8. Особливості контролю дисперсності рідких речовин методами лазерної дифрактометрії.....	48
2.9. Основні положення дифракції Френеля і Фраунгофера.....	50
2.11 Аналіз залежностей спектрів розсіяного випромінювання розмірних часток у полярних розчинах.....	57
2.12. Оптичні засоби контролю дисперсності розчинів.....	61
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2.....	65
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ МЕТОДИК КОНТРОЛЮ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ.....	66
3.1 Апробація вимірювального макету контролю дисперсності соняшниковій олії на базі лазерного дифрактометра ВДЛ-1М.....	66
3.2. Вимірювання дисперсності соняшникової олії в технологічному процесі рафінації.....	70
3.3 Контроль показників люмінесценції зразків соняшникової олії в технологічному процесі очищення.....	75
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.....	81
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ОЧИЩЕННЯ».....	82
4.1 Опис ідеї проекту.....	82
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	85
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту.....	87
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	94
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	96
4.6 4.6 Висновки до розділу.....	99
ВИСНОВКИ.....	102
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	104

ВСТУП

Виробництво рослинних олій – одна із провідних галузей харчової промисловості. В даний час існує необхідність в отриманні високоякісних рослинних олій. Цього домагаються шляхом виведення з рафінованої або дезодорованої соняшникової олії сторонніх домішок, залишків твердих оболонок насіння центрифугуванням та осадженням на фільтрах, видаленням воскових і високоплавких речовин виморожуванням (вінтеризацією) із отриманням салатної соняшникової олії, тобто більш очищеної і готової до реалізації як виморожена соняшникова олія.

Рафіновані (очищені) рослинні олії використовуються для безпосереднього вживання в їжу; виробництва маргарину, служать сировиною для виробництва комбінованих жирів, що складається з суміші масла вершкового та рослинного, а також використовується в багатьох галузях харчової промисловості. Очищені рослинні олії містять набагато менше калорій і не містять холестерину, провокуючого захворювання серця, судин і печінки [11].

Для отримання конкурентної продукції, що визначається її якістю, низькою собівартістю і екологічною безпекою, необхідна розробка високоефективних екологічно чистих технологій і виробництв що включають дієві засоби об'єктивного контролю вибраних показників продукту що аналізується, мають задовільні характеристики по критеріям ціна/ефективність проведення вимірів та відповідають вимогам експрес діагностики. Таким критеріям в повній мірі відповідають оптичні методи контролю інформативних показників харчових продуктів, що базуються на взаємодію електромагнітного випромінювання оптичного діапазону із досліджуваної речовиною та реєстрації вимірювальних сигналів що характеризуються якісні та кількісні характеристики об'єкту досліджень. В оптичних аналітичних методах контролю якості продуктів харчування використовується ультрафіолетова (УФ), видима та інфрачервона (ІЧ) області спектру електромагнітного випромінювання.

Для визначення мілкодисперсних часток, в полярних та неполярних розчинах, набули широкого використання оптичні лазерні методи, що використовують хвильові властивості випромінювання УФ-, видимого та ближнього ІЧ діапазону довжин хвиль. У дифракційних методах та методах лазерної дифрактометрії вимірюють залежність інтенсивності розсіяного випромінювання від кута розсіювання q , тобто функцію $I(q)$. При цьому довжина хвилі після розсіювання не змінюється. Має місце так зване пружне розсіювання. В основі лазерних методів вимірювання кутового розсіювання лежить просте співвідношення для довжини хвилі і відстані між розсіюючими атомами [10].

Методи, засновані на дослідженні спектрів виборчого поглинання та випромінювання аналізованою речовиною, називаються спектроскопічними (у випадку прямого суб'єктивного аналізу результатів вимірів) або спектрофотометричними (при застосуванні електронного вимірювального засобу для реєстрації характеристичного спектру поглинання чи/або випромінювання). Для кожної речовини спектри поглинання та випромінювання індивідуальні і залежать від хімічної будови речовини [3].

Одни із дієвих методів контролю якісних та кількісних показників хімічних речовин сталого складу (до яких в повній мірі можна віднести соняшникову олію) є люмінесцентна спектрофотометрія, в основі якої лежить явище наведеної або збудженої люмінесценції в досліджуваних зразках. Люмінесценція характерна для багатьох природних і синтетичних матеріалів неорганічної і органічної природи. Суть люмінесценції полягає у випромінювальному переході атома зі збудженого електронного стану в основний або в інший стан з меншою енергією. В ході такої релаксації вивільняється квант енергії, що характеризує певний енергетичний перехід і визначає положення смуги випромінювання на шкалі електромагнітних хвиль.

Застосування методів та засобів лазерної дифрактометрії (для визначення дисперсного складу олійної суміші) та методики люмінесцентної спектрофотометрії (для видового якісного аналізу зразків соняшnikової олії)

може слугувати осною комплексного методу контролю якості соняшникової олії в окремих технологічних процесах її виготовлення.

Метою магістерської дисертації є розробка інформаційної вимірювальної технології контролю вибраних показників якості соняшникової олії методами та засобами лазерної дифрактометрії та флуоресцентної спектрофотометрії в технологічних процесах очищення. Для вирішення даної мети необхідно виконати такі завдання:

1. Провести огляд технологічних прийомів та засобів очищення соняшникової олії на різних стадіях її виготовлення.

2. Проаналізувати методики контролю об'єктивних показників якості соняшникової олії в окремих ланках технологічного процесу сучасними оптико-електронними вимірювальними засобами.

3. Провести огляд та дослідження характеристик малогабаритних вимірювальних засобів та інформаційних вимірювальних систем придатних для контролю мілкодисперсних розмірних фракцій органічної та неорганічної природи в досліджуваних зразках.

4. Зробити порівняльну характеристика засобів флуоресцентної спектрофотометрії в контролі інформативних показників соняшникової олії різного якісного та кількісного складу на окремих етапах її виробництва.

5. Обґрунтувати доцільність розробки інформаційної вимірювальної технології контролю вибраних показників соняшникової олії методами та засобами лазерної дифрактометрії та флуоресцентної спектрофотометрії в технологічних процесах очищення.

6. Провести виміри показників якості соняшникової олії за допомогою вимірювального макету на базі лазерного вимірювача дисперсності ВДЛ-1М та модулю реєстрації квантового виходу люмінесценції досліджуваних зразків.

7. Розробити алгоритм проведення вимірів мілкодисперсних часток автоматизованими засобами вимірювального макету.

5. Провести апробацію методики реєстрації квантового відгуку люмінесценції зразків соняшникової олії в технологічному процесі очищення.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ ОЧИЩЕННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ТА НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ЯКОСТІ

У світовій практиці все більшого значення відводиться виробництву рослинних олій і продуктів на їх основі із заданими споживчими властивостями і низькою матеріаломісткістю. Сформована в даний час несприятлива екологічна обстановка в результаті значних порушень природокористування, поставила виробників перед умовою дотримання екологічної безпеки технологічних процесів.

Сьогодні комбіновані жири в Європі займають міцні позиції на ринку харчових продуктів, тому більшість населення повністю перейшло із вершкового масла на комбіновані жири та субпродукти.

До теперішнього часу залишається актуальним питання про створення ідеального жирового продукту. Із одного боку, споживання тваринних жирів, багатих насиченими кислотами, веде до розвитку захворювань, пов'язаних з порушенням ліпідного обміну: ожиріння, атеросклерозу, злоякісних новоутворень і серцево-судинних захворювань. З іншого боку, надлишок в раціоні рослинних олій із переважанням високонасичених жирних кислот може знизити активність щитовидної залози, викликати недолік вітаміну Е в організмі. Ці олії є цінними джерелами антисклеротичних та біологічно активних компонентів. Вони не містять поліненасичених жирних кислот, маючи у складі в основному лінолеву кислоту [24].

У виробництві рослинних олій важливе значення мають не тільки їх фізико-хімічні показники, але і їх товарний вигляд. В останні роки в зв'язку з переробкою насіння олійних культур масложирова галузь харчової промисловості зіткнулася з труднощами при отриманні олій із заданим ступенем прозорості.

Технологія отримання соняшnikової олії передбачає в якості обов'язкової операцію відділення покривних тканин від ядра насіння. Існуюча технологія обрушення насіння соняшнику не гарантує повного відділення покривних

тканин, і ядро, яке надходить на вологотеплову обробку, завжди містить значний відсоток плодової оболонки. Нemoжливiсть чiткого подiлу ядра i лушпиння веде до втрат олії у виробництві, до того ж лузга потрапляє в шрот, що негативно впливає на якість готової олії і шроту [22].

Іншим важливим компонентом, що впливає на товарні властивості соняшникової олії, є воскові та стеринові комплекси, що здатні до коагуляції та випадіння в осад. Внаслідок низької температури плавлення ($32-98^{\circ}\text{C}$) насичені воскові ефіри утворюють в олії при її охолодженні тонку і дуже стійку суспензію кристалів, так звану «сітку», що істотно погіршує товарний вигляд соняшникової олії. Жодна зі стадій рафінації олії (гідратація, лужна нейтралізація, відбілювати, дезодорація) практично не призводить до виведення воскових речовин. У зв'язку з цим наявність їх в олії (в кількості 0,02-0,3%) не тільки не дозволяє отримати олію з хорошим товарним виглядом, але й викликає труднощі при її переробці і зберіганні [21].

Наявний в промисловості досвід виробництва соняшникової олії із високоолійного насіння соняшнику сучасних сортів, що слабо піддаються гідратації, показав недостатню ефективність традиційних технологій, що не забезпечують отримання готового продукту необхідної якості. Тому виникає потреба у методах та засобах контролю показників якості соняшникової олії, а також присутніх в ній супутніх речовин, з метою отримання високоякісного комерційного продукту.

1.1 Характеристика фізико-хімічних показників насіння соняшнику та соняшникової олії

Україна займає лідируючі позиції в світі по виробництву та експорту соняшникової олії та продукції переробки соняшнику. Соняшник є основною олійною культурою на території України. З нього виробляють понад 80% рослинних олій загального виробництва цього виду продукту в нашій країні, якому віддають перевагу більше 90% населення України як важливого продукту харчування в щоденному раціоні [7].

Соняшник олійний відноситься до однорічних культур. Плід соняшнику – подовження клиноподібна сім'янка, що складається з шкірки (лушпиння) і білого сім'я (ядра), покритого насінневою оболонкою. Вміст олії в насінні соняшнику перевищує 50%, в чистому ядрі (по масі) становить $\geq 70\%$. Основні переваги соняшнику як олійної культури – високий вміст високоякісної олії в насінні, можливість механізації обробки і вирощування на полях із відсутністю поливних та аераційних агротехнічних засобів. Типовий хімічний склад насіння соняшнику наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Хімічний склад насіння соняшнику [23].

Основні хімічні складові	Вміст хімічних складових, (у % по масі)	
	У цілому насінні	У обрешеному ядрі
Ліпіди	52-54	64-66
Білки	14-16	16-19
Целюлоза	13-14	1,7-2,1
Зола	2,9-3,1	3-3,2

Для отримання соняшникової олії застосовуються технології засновані на процесах пресування і екстракції сировини. Готова товарна рослинна олія характеризується наступними фізико-хімічними показниками:

1) Кислотне число – характеризує ступінь свіжості олії, відображає кількісний вміст вільних жирних кислот, що утворюються при розпаді жиру в процесі зберігання продукту. Чим більшою є величина кислотного числа, тим масло є менш свіжим.

2) Перекисне число відображає ступінь окислення олії, обумовлену накопиченням перекисних сполук (перекисів і гідроперекисів) при окисленні олії в процесі зберігання, особливо активно протікає на світлі. Виражається в мілімоль кисню на один кілограм (моль/кг). Чим більшим є значення перекисного числа, тим тривалішим був термін зберігання олії.

3) Йодне число відображає ступінь ненасиченості жирних кислот, що входять до складу олії і виражається кількістю грамів йоду, здатних

приєднатися до 100 г жиру, тобто виражається у % йоду. Чим більше ненасичених кислот в олії, тим вище йодне число. Зі збільшенням величини йодного числа підвищується швидкість окислення соняшникової олії і зменшується її стійкість при зберіганні.

4) Показник «масова частка неомильних речовин» відображає кількісний вміст в олії речовин, які під дією лугів не розкладаються в гідратований стан, тобто не омиляються.

5) Масова частка фосфоровмісних речовин обумовлює присутність в соняшниковій олії фосфатидів і фосфоліпідних комплексів, що спричиняють утворення агрегаційних компонентів осаду при зберіганні [27].

1.2 Супутні речовини присутні в соняшниковій олії в процесі її виробництва

Соняшникова олія, отримана в результаті пресування, містить полідисперсну фазу, основу якої складають супутні речовини і нежирові домішки.

Домішки, в першу чергу, представлені механічними включеннями у вигляді частинок рослинних тканин які утворилися в результаті неповної первинної очистки, вологою, що присутня в емульсивному стані та іншими нетиповими олійними речовинами і продукти їх перетворення (бензопірен, барвники та ін) [20]. Основні шляхи (джерела) потрапляння сторонніх домішок в соняшкову олію представлено в таблиці 1.2.

Олійні домішки соняшникової олії умовно поділяються на дві групи:

Перша група – речовини, що утворюються і накопичуються в насінні в процесі його дозрівання і переходять у олію при її екстракції. До даної групи належать фосфоліпіди, пігменти (каротин, ксантофілл, хлорофіл), воски (воскові речовини), токоферолі та інші жиророзчинні вітаміни, стероли (стериди), вільні жирні кислоти і речовини, що визначають смак і запах олії;

Друга група – речовини, що утворюються і накопичуються у насінні і олії в результаті несприятливих умов її зберігання або під впливом

технологічних чинників (високої температури або вологи, кисню повітря) на сировину при добуванні олії. В основному це окисні сполуки та низькомолекулярні жирні кислоти [12].

Таблиця 1.2

Основні характеристики і склад домішок соняшникової олії [12].

Домішки	Склад і характеристика домішок	
	Назва	Склад
Домішки рослинного походження в процесі отримання соняшникової олії	Залишки плодової оболонки, тканинні частинки та інші відходи рослинного походження	Клітковина, целюлозата ін.
Домішки не рослинного походження	Частки металу, пил, вода, атмосферний кисень і ін.	Основні види металевих включень: Fe, Co, Zn і їх сплави; Ca і його похідні; H ₂ O - вода; O ₂ -атмосферний кисень та ін.
Хімічні та біологічні препарати при в'ящіванні насіннєвого матеріалу	Різні хімічні та біологічні препарати, біодобавки та ін.	Нітрати, фосфати, аміносполуки та ін.
Речовини що входять до складу соняшникової олії	Фосфатиди, воски, стерини, мила та ін.	Вільні жирні кислоти, фосфоліпіди, воски, стерини, каротиноїди, одно- і двофосфатні ненасичені жирні кислоти та ін.

Соняшникова олії що пройшла пресування (холодне або термічне, із дотримання температур пресового обладнання до 40-40°C) за своїми поживними даними є найціннішою, так як в її складі присутні в практично незмінному вигляді корисні для організму людини речовини (фосфоліпіди, вітаміни та ін.), але ця олія із точки зору вимог харчової промисловості має недоліки. До них можна віднести невеликий термін зберігання, так як за рахунок

окислювальних процесів і температурних впливів в олії з'являються продукти окислення, нетоварний вигляд олії через наявність осаду. Нерафінована олія непридатна для виготовленні майонезів та інших олієвмісних продуктів харчування. Тому основний обсяг масла піддається рафінації та дезодорації.

Слід зазначити, що нерафіновану олію можна використовувати тільки для приготування салатів та інших страв, де воно не піддається термічній обробці, так як в процесі температурного впливу в нерафінованій соняшниковій олії відбувається утворення канцерогенних речовин. Для підвищення харчової цінності та технологічних властивостей соняшникову олію піддають рафінації. Рафінація - це ряд найважливіших технологічних процесів обробки соняшникової олії з метою видалення з неї домішок і супутніх речовин, які знижують якість і технологічні властивості готової продукції.

1.3. Стан теорії і техніки очистки соняшникової олії в технологічних процесах її виготовлення

Очищення соняшникової олії від супутніх речовин отримала назву рафінації. При проведенні рафінації необхідно не тільки видалити небажані домішки, але і зберегти всі цінні речовини, що містяться в олії, не допустити їх втрат і розкладання [31].

Сучасні методи рафінації жирів та олій поділяють на фізичні (відстоювання, центрифугування, фільтрація); хімічні (гідратація, лужна рафінація) і фізико-хімічні (адсорбційна рафінація, дезодорація). Вибір методу рафінації залежить від складу і кількості домішок, їх властивостей і призначення отриманої соняшникової олії. У більшості випадків для повного очищення олії застосовують поєднання кількох методів.

1.3.1 Особливості фізичних методів рафінації соняшникової олії

Фізичні методи рафінації застосовуються при первинному очищенні соняшникової олії, а також для видалення нерозчинних в олії частинок, що утворюються в ході рафінації [21].

Видалення із олії твердих домішок: часток мезги, шроту і макухи - відстоювання - проводиться на механізованих відстійниках, за допомогою осаджувальних центрифуг безперервної дії, а також шляхом фільтрації на рамкових фільтрпресах [28].

Ефективним методом очищення олій від зважених домішок і води є центрифугування. Розрізняють розділяючі центрифуги (застосовуються для відділення води від олійної дисперсної фази) і освітлюючі (використовують для видалення механічних домішок). У розділяючому сепараторі олія що поступає під тиском до 0,3 МПа надходить через порожнистий вал в робочий барабан, де під дією відцентрової сили відбувається його поділ на два потоки: важка рідина з осадом і жир. Осад накопичується біля внутрішніх стінок барабану, важка рідина, переміщаючись уздовж нижньої поверхні тарілок, віддаляється, жир, переміщаючись уздовж верхньої поверхні тарілок до центру барабана, виводиться.

Освітлення олії, що містить значну кількість домішок, проводять центрифугування за допомогою саморозвантажної центрифуги. Для видалення осаду, що міститься в оліях, широко застосовується фільтрація на фільтр-пресах. При фільтрації рідина проходить через пори фільтруючого матеріалу, а зважені частинки затримуються на фільтрі [8].

1.3.2. Хімічні методи рафінації соняшникової олії

Хімічні методи рафінації застосовують для видалення вільних жирних кислот, фосфоліпідів, білків, слизу і деяких інших з'єднань.

Одним з найважливіших методів хімічного очищення жирів є гідратація. Гідратація (видалення домішок за допомогою води) дає можливість виділити речовини з гідрофільними властивостями що містяться в олії, в першу чергу фосфоліпіди. Фосфоліпіди хоча і є цінними харчовими і біологічними компонентами, що володіють антиокислювальними властивостями, але при зберіганні олії випадають у вигляді осаду що легко розчиняється. Вони також ускладнюють проведення ряду технологічних операцій у

подальшій переробці соняшникової олії. Тому бажано виводити її з олії шляхом гідратації, а потім використовувати в харчових і кормових цілях у вигляді самостійного продукту.

При гідратації олію обробляють водою в струменевому змішувачі типу ежектора, в якому забезпечується інтенсивне змішування олії та води. Суміш олії та води (при температурі 45-60°C) направляють в коагулятор (рис. 1.1), де відбувається формування осаду, який відокремлюється в відстійнику [24].

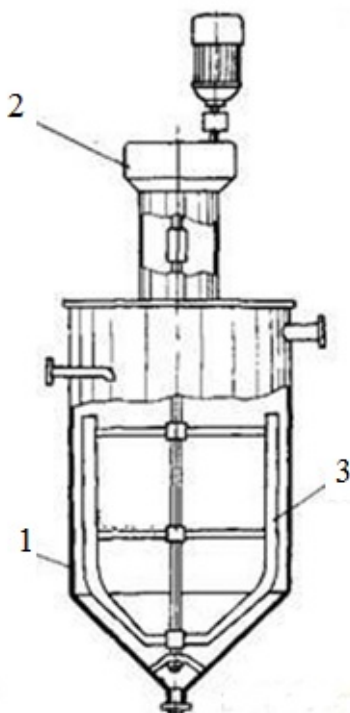


Рис. 1.1 – Коагулятор для гідратації соняшникової олії: 1 - корпус; 2 - редуктор; 3 – мішалка [24].

Коагулятор має рамну мішалку 5, що обертається із частотою 10-15 об/хв. Час перебування олії в коагуляторі становить близько 30 хв. Суміш олії з водою повільно проходить через коагулятор, виходячи у вигляді олії, яка містить сформовані пластівці фосфоліпідів. Поділ пластівців фосфоліпідів та олійної дисперсної фази проходить у відстійнику безперервної дії (рис. 1.2)

Гідратаційний осад з нижньої частини відстійника безперервно подається в ротаційно-плівковий апарат для сушіння. Осад рівномірно розподіляється за допомогою лопатей ротора по внутрішній поверхні

апарату. Ротор обертається з частотою 800 об/хв, залишковий тиск в апараті 5,0-8,0 кПа. Температура осаду 60-70°C, час висушування 2 хв.

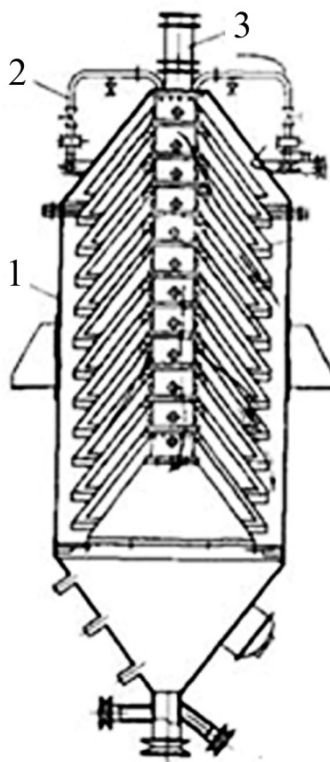


Рис. 2 – Відстійник безперервної дії для видалення фосфоліпідів: 1 - корпус відстійника; 2 - патрубок; 3 - розподільна труба; 4 – тарілки.

У цих умовах вологість гідратаційного осаду знижується з 35 до 2%. Висушений фосфатидний концентрат направляють на фасування в герметичні металеві ємності [8, 24].

Далі гідратовану соняшникову олію направляють для зневоднення в сушильно-деаераційний апарат (рис. 1.3), де олію розпилюють за допомогою форсунок в вакуумі. Волога випаровується, а краплі висушеної олії потрапляють на контактні поверхні, де масло додатково зневоднюється в тонкому шарі.

Гідратована соняшникова олія повинно бути звільнено від восків і воскоподібних речовин. Для цього олію піддають виморожуванню – її охолоджують спочатку до 20°C, потім поступово знижують температуру до 10-12°C і направляють в експозитор – циліндричний апарат, забезпечений рамкової мішалкою (рис. 1.3, 1) що повільно обертається (2 об/хв), де

протягом 4 год відбувається кристалізація восків, розчинених в олії. Паралельно відбувається видалення із олії фосфоровмісних речовин (негідратованих фосфоліпідів), неповністю видалених із олії при гідратації [31].

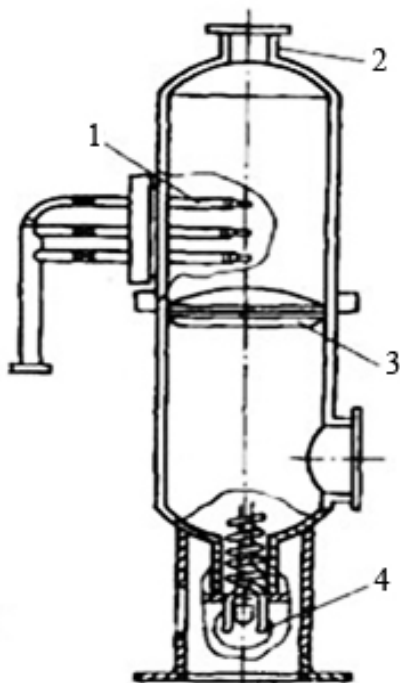


Рис. 1.3 – Сушильно-деаераційний апарат: 1 - форсунки; 2 - горловина; 3 - контактна поверхня; 4 –змійовик.

Злегка підігріту олію (при температурі 18-20°C) направляють із експозиторів на рамкові фільтр-преси. Операція виведення воску і воскоподібних речовин з олії описаним способом називається виморожуванням соняшникової олії [24, 31].

1.3.3 Лужна рафінація соняшникової олії

Лужною рафінацією називається обробка олії лугом. Для нейтралізації вільних жирних кислот реакція йде з утворенням нерозчинних в олії солей (мил): $R\text{-COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{RCOONa} + \text{H}_2\text{O}$ [3].

Омилені сполуки випадають в осад, частково захоплюючи разом з собою різноманітні домішки: барвники, білки, слиз. Лужна рафінація супроводжується також частковим розкладанням нейтрального жиру, що небажано, оскільки призводить до зменшення виходу рафінованої олії.

Швидкість рафінації, ефективність утворення осаду, його структура і величина втрат нейтрального жиру залежать від кислотного числа олії, характеру і кількості домішок, концентрації лугу, температури і умов проведення лужної рафінації.

Гідратована соняшникова олія надходить у нижню частину нейтралізатора безперервної дії (рис. 1.4), заповненого розчином лугу. Тут, за допомогою перфорованого розподільника олія у вигляді крапель діаметром 2 мм олія розподіляється в лужному розчині і повільно спливає на його поверхню, так як щільність олії менше щільності водного розчину лугу. Завдяки гарному розподілу олії в розчині лугу відбувається нейтралізація вільних жирних кислот. Мильно-лужний розчин з нейтралізатора безперервно передається на миловарний завод. Нейтралізатор заповнюють водним розчином лугу концентрацією 8-15 г/л. Температура оліїного розчину для більшості технологічних умов складає 68-75°C [20].

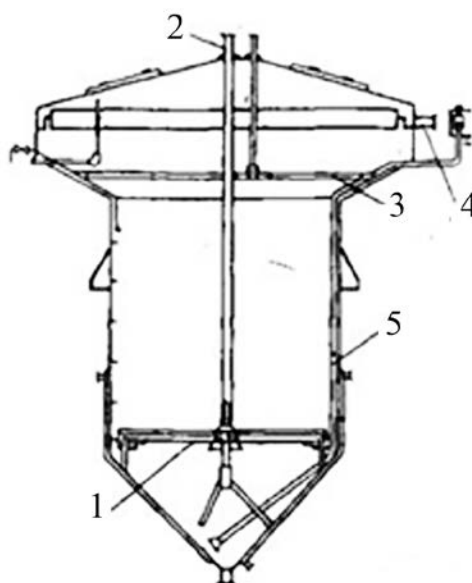


Рис. 4. Лужний нейтралізатор безперервної дії: 1 - перфороване дно; 2 - центральна труба; 3 - розподільний жолоб для розчину лугу; 4 - патрубок; 5 - сифонная труба [20].

Після лужної рафінації колір соняшникової олії знижується, так як обробка лугом, а також часткова сорбція пігментів знижують кольоровість олії. У той же час такі жиророзчинні пігменти, такі як каротиноїди,

хлорофіли, в значній мірі зберігаються і після нейтралізації соняшникової олії та відділення отриманої олійної дисперсної фази.

1.3.4. Адсорбційна рафінація (відбілювання соняшникової олії)

Для відбілювання олії використовують активовані кислотною обробкою відбілюючі – бентонітові глини. Основними компонентами бентонітових глин є алюмосилікати, в їх складі є лужні і лужноземельні метали (3-10%).

Активні глини вводять в олію в кількості до 2,0-2,5% по масі. У невеликій кількості для освітлення олій застосовують активоване вугілля (в суміші з глинами). Одночасно із відбілювання в олії йдуть небажані процеси зомеризації жирних кислот і зниження стабільності вибілених олій при зберіганні. Процес відбілювання олії полягає в створенні суспензії олії і відбілюючої.

Основна частина олії надходить в апарат попередньої відбілювання, де олія, потрапляючи на дно обертового диска (270-300 об/хв), розпорошується і контактує з розпорошеною на верхньому диску апараті суспензією. Розпорошена суспензія і олія у вигляді тонкої плівки стікають в нижню частину апарату, де інтенсивно перемішуються [8, 11].

Остаточне відбілювання здійснюється в другому апараті, де суміш суспензії і олії розбризкується зі допомогою розпилювача. Суміш олії та суспензії надходить на фільтрацію. Тривалість остаточного відбілювання 30 хв. Отриману із осаду соняшкову олію (одержаного після фільтрації) відокремлюють обробкою осаду водяною парою.

1.3.5. Дезодорація соняшникової олії в технологічному процесі очищення

Дезодорація соняшникової олії застосовується для видалення речовин, що додають олії специфічний смак і запах: ненасичених вуглеводнів, низькомолекулярних кислот, альдегідів, кетонів, природних ефірних масел та ін. Частково ці сполуки видаляються із олії на попередніх етапах рафінації.

Дезодорація є дистиляцію зазначених сполук із олійної дисперсної фази водяною парою при високій температурі і низькому залишковому тиску.

Перед дезодорацією олію піддають лужній рафінації та відбілюванню, підігрівають до 60°C і подають в деаератор, де вона розпорошується в вакуумі та підігрівається на поверхні змійовиків до $130-180^{\circ}\text{C}$. Після деаератора олію підігрівають до $150-160^{\circ}\text{C}$ і подають в дезодоратор (рис. 1.5) [21, 24].

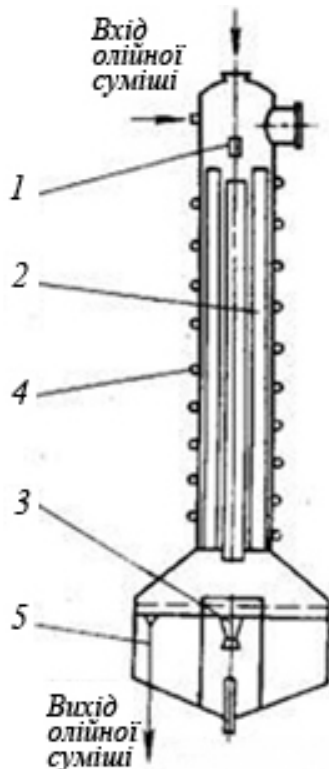


Рис. 1.5 – Установка дезодорації малотоннажного виробництва соняшникової олії: 1 - розпилувач; 2 - жалюзі; 3 - дифузори; 4 - змійовик; 5 - відведення олії в наступний технологічний процес [24].

Всередині верхньої циліндричної частини дезодоратора укріплені 30-40 вертикальних пластин (рис. 1.5, 2) із нержавіючої сталі, по яких стікає тонка плівка олії що розпорошується у верхній частині апарату. Обігрів дезодоратора відбувається через зовнішні змійовики і парову сорочку (рис. 1.5, 4). Тонка плівка олії, що стікає по вертикальних пластинах, добре контактує із водяною парою, що подається для барботування паровими інжекторами (рис. 1.5, 3), встановленими в нижній частині дезодоратора [21].

Таким чином, в умовах глибокого вакууму, високої температури і барботування перегрітої водяної пари із олії видаляються сполуки, що надають їй смак і запах, - відбувається дезодорація олії. Для запобігання

окислення олії в нижню секцію дезодоратора вводять 20%-ий розчин лимонної кислоти. При зупинці дезодоратора (аварійної або для планового ремонту) всю систему заповнюють інертним газом. Дезодоровану олія охолоджують і зберігають під вакуумом в атмосфері інертного газу.

1.3.6. Виморожування (вінтеризація) соняшникової олії

Найбільш поширеним способом виведення воску і воскоподібних речовин із первинної очищеної рафінованої соняшникової олії є технологія «виморожування» - вінтеризації (або низькотемпературного фракціонування), що представляє складний процес, який характеризується низькою ефективністю. Це пов'язано із тривалістю процесу кристалізації воску, низькою продуктивністю, істотними енерговитратами, недостатнім ступенем виведення воскоподібних речовин, а також зниженням виходу олії і великими її втратами [9].

Відділення воскового осаду здійснюється фільтрацією. Цей процес пов'язаний зі значними труднощами по очистці фільтрів і з утворенням значної кількості жировмістних відходів.

У деяких технологіях видалення восків здійснюється за допомогою центрифугування. Однак цей спосіб не дозволяє повністю видалити воскоподібні речовини, що викликає необхідність додаткової обробки олії для більш глибокого виведення воскоподібних речовин. До недоліків цього способу відноситься і те, що процес центрифугування здійснюється при низькій температурі, що створює труднощі його апаратурного оформлення.

Необхідно також відзначити, що нові сорти олійної сировини є важкооброблюваною сировиною. Обробка сільськогосподарських посівів різними мінеральними і органічними добривами, загальна несприятлива екологічна обстановка призвели до того, що олії, вироблені з сучасних сортів насіння соняшнику, характеризуються підвищеним вмістом перекисних сполук, високою масовою часткою негідратованих фосфоліпідів, неомильних ліпідів, восків і золи [10].

Воскові речовини ускладнюють процеси полірувального фільтрування рафінованих олій. В процесі видалення восків із соняшникової олії утворюється осад, склад якого характеризується даними табл. 1.2 [17].

За даними табл. 1.2 видно, що гідратація або нейтралізація не забезпечує повне виведення воску з масел [8].

Таблиця 1.2.

Типовий склад осаду при виморожуванні соняшникової олії

Складові частини	Осаджені частки соняшникової олії		
	Пресової	Гідратованої	Нейтралізованої
Нейтральний жир	57,2	54,5	75,1
Вільні жирні кислоти	12,5	10,2	0,7
Фосфоліпіди	18,8	15,8	2,7
Волога та летючі сполуки	4,4	8,3	2,9
Неоміювані сполуки	3,5	8,1	12,1
Воски	2,8	4,7	10,8

Таким чином, для найбільш повного видалення восків із соняшникової олії необхідний спосіб, заснований на відділенні від олії кристалів воску – вінтеризації. Технологічний процес очищення олії від восків шляхом охолодження до температури утворення кристалів воску дозволяє їй зберігати прозорість при нормальній температурі (18-20°C) і при низьких "зимових" температурах.

Виявлено [17], що серед чужорідних речовин, що потрапляють в організм з продуктами харчування, що містять жири та олії, особливе місце по негативному впливу на організм займають перекисні сполуки. Ці сполуки утворюються на різних етапах окислення ліпідів і вживання їх в їжу призводить до виникнення серйозних захворювань. Все це створює необхідність розробки найбільш вдосконалених технології виведення воскоподібних речовин з метою максимального видалення їх із олії, а також передбачає зниження інтенсивності протікання окислювальних реакцій на

всіх стадіях технологічного процесу із отриманням гідратованих "виморожених" олій, що мають високі якісні показники, і стійкість до окислювального псування. Виморожена олія за розміром частинок являє собою полідисперсну систему [18].

1.4. Мембранний спосіб очищення соняшникової олії

У більшості повних виробничих циклів отримання готової товарної продукції соняшникової олії поширені методи заключного очищення олії містять системами фільтрів різного конструктивного виконання та призначення. Це дозволяє видаляти із олійної дисперсної фази колоїдні частки розмірами 0,5-50 мкм. При цьому застосовуються мембрани полімерні, керамічні або комбіновані з високоякісної сталі або вуглецю з полімерним або керамічним покриттям [21].

В цілому процес фільтрації відноситься до фільтрування з утворенням осаду або із закупорюванням пор фільтрувальних мембран [22].

В даному випадку тверді частинки проникають в сітку або пори фільтрувальної перегородки за схемою, представленій на рисунку 1.2.



Рис. 1.6 – Схеми фільтрування: а – з осадом; б – із закупорюванням пор фільтрувальної мембрани [11]

При *фільтрації з утворенням осаду* (рисунок 1.6, а) діаметр твердих частинок часто більший за діаметр пор або отворів сітчастої мембрани. Вони закривають доступ олійної дисперсної фази із твердими включеннями в пори

фільтруючого матеріалу. Вважається, що найбільш раціональним цей спосіб є при концентрації твердої фази в рідині близько 1% по масі, так як при цьому створюються умови для утворення адгезії над порожниною пор, що сприяє збільшенню швидкості осадження і, відповідно, забруднення фільтру

Фільтрування з закупорюванням пор (рисунк 1.6, б) полягає в проникненні твердих частинок в пори фільтрувальної перегородки. Вже на початковій стадії фільтрування пори закупорюються твердими частинками, що утрудняють прохід рідини, тому потрібно часто очищувати фільтри методом зворотного току рідини [3, 20].

Відмінною особливістю мембранної мікрофільтрації в порівнянні зі звичайним, так званим тупиковим типом фільтрації є обов'язкова наявність тангенціального потоку системи що поділяється щодо мембранної поверхні (рис. 1.7). Як відомо, при звичайному процесі фільтрації на перегородці формується шар осаду. Залежно від того, стисливим він є або нестисливим швидкість фільтрації може змінюватися в дуже широкому діапазоні. При мембранній мікрофільтрації наявний потік дисперсної системи що поділяються спрямований в напрямку перпендикулярному поверхні фільтрації.



Рис. 1.7 - Умовна схема мембранного поділу полідисперсних систем

Мембранні методи очищення можна забезпечити у випадку осадження часток соняшникової олії під дією сили тяжіння та при застосуванні відцентрових центрифуг [29].

У першому випадку очищення від твердих складових здійснюється у статичному режимі. При цьому значна частина дрібнодисперсних частинок

залишається в олії. В даному випадку використовується ефект статичного виділення твердих частинок включень під дією гравітаційних сил [11]. Це відбувається за рахунок відділення твердої фази від рідини, швидкість осадження описується законом Стокса [18]:

$$V = \frac{d^2 g (\rho_t - \rho)}{18\mu}, \quad (1.1)$$

де d – діаметр твердої частинки, м;

g – пришвидшення сили тяжіння, м/с^2

ρ – щільність суцільної фази, кг/м^3

ρ_t – щільність частинки, кг/м^3

μ – динамічна в'язкість суцільної фази (середовища), $\text{Па}\cdot\text{с}$

При цьому якість очищення залежить від розміру пор, на перегородці затримуються лише ті частинки, розмір яких більше розміру пор перегородки, вся ж інша суспензія переходить в готовий продукт. Процес мікрофільтрування за часом досить тривалий і залежить від об'єму фільтрату, віднесеного до одиниці поверхні [21]:

$$W = \frac{\Delta V}{S d \tau}, \quad (1.2)$$

де V – об'єм фільтрату, м^3 ;

S – площа поверхні фільтрування, м^2 ;

τ – час фільтрування, с.

Диференційне рівняння фільтрування має вигляд [11, 20]:

$$\frac{\Delta V}{S d \tau} = \frac{\Delta P}{\mu (R_{oc} + R_{\phi n})}, \quad (1.3)$$

де ΔP – різниця тиску до і після фільтрувальної перегородки, Н/м^2 ;

μ – динамічна в'язкість суспензії, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

R_{oc} – опір шару осаду, м^{-1} ;

$R_{\phi n}$ – опір фільтрувальної перегородки, м^{-1} ;

У другому випадку додатково використовують центрифугування. При цьому як сирі так і рафіновані олії досить добре очищаються від твердих включень. Схематично процес фільтрації центрифугуванням виглядає наступним чином (рис. 1.8) [21, 34].

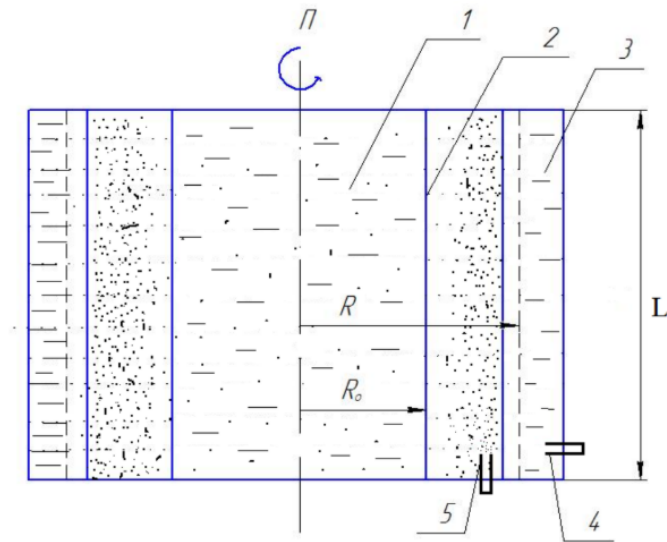


Рис. 1.8 – Схема фільтрації соняшникової олії центрифугуванням: 1 – олійна суспензія що очищається; 2 – фільтрувальна тканина; 3 – перегородка фільтрувального барабану; 4 – виділення фільтрату; 5 – виділення осаду; R , R_0 – відповідно зовнішній і внутрішній радіуси барабана центрифуги; L – висота барабана центрифуги [27].

Відцентрова сила, необхідна для швидкісного перемішування суспензії, знаходиться в прямій залежності від елементарного кільця суспензії [22]:

$$dG_y = d_m \omega^2 r, \quad (1.4)$$

де d_m – елементарна маса, кг;

ω – кутова швидкість, с^{-1} ;

r – відстань кільця від осі крутіння центрифуги, м.

Відповідно до виразу 1.4 фактор поділу суспензії на рідку і тверду фази росте пропорційно квадрату кутової швидкості обертання барабану центрифуги. Висока швидкість осадження частинок фільтрацією центрифугуванням заснована на більш інтенсивному витісненні до фільтрувального барабану під дією відцентрових сил частинок, що знаходяться в олійній

дисперсній фазі і мають значну надлишкову вагу в порівнянні з рідиною що очищується. Таким чином, гравітаційні сили розшаровують суспензію і очищають олію від твердих частинок [8, 12, 21]:

$$V_{\text{цр}} = \frac{d^2 \Delta g a}{18 \mu}, \quad (1.5)$$

де d – діаметр частинки, м;

Δ – рухаюча сила, Н;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

a – велечина доцентрового прискорення, м/с;

μ – динамічний коефіцієнт вязкозті рідини, Н/м·с².

В умовах фільтрації центрифугуванням повне очищення від твердих частинок технічно не представляється можливим. У разі, якщо частки мають розміри 0,4-0,5 мкм і знаходяться в підвішеному стані, то вони мають високостійкий дисперсний стан і їх розшарування даним методом нездійснено [3].

ВИСНОКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Одним із основних показників якості соняшникової олії в технологічному процесі очищення є контроль наявності супутніх речовин олійної природи та твердих мілко- дисперсних домішок органічної та неорганічної природи. Особливе значення в технологічних процесах виробництва соняшникової олії відводиться вхідному та вихідному контролю сировини що включає ідентифікацію – визначення сортової та видової приналежності досліджуваного зразка, якісний (визначення наявності певної компоненти) та кількісний (концентрація досліджуваної речовини у зразку) аналіз.

Таким чином, можна зробити висновок, у необхідності застосування вимірювального обладнання об'єктивного контролю та технології його застосування для визначення дисперсного складу соняшникової олії та її якісних і кількісних характеристик у конкретному виробничому процесі відповідно до технологічних карт виробника.

РОЗДІЛ 2. ВИБРАНІ ОПТИЧНІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Із усього спектру застосованих методів визначення інформативних показників якості соняшникової олії можна виділити аналітичні методи визначення показників якості що умовно діляться на оптичні, спектрометричні, радіометричні, хроматографічні, кондуктрометричні, термометричні та методи «мокрої хімії» (титрування, характеристичні реакції, модифікаційні перетворення досліджуваних аналітів, тощо).

Для контролю показників якості соняшникової олії в технологічному процесі очищення пропонується застосування двох взаємодоповнюючих оптичних методів аналізу інформативних показників соняшникової олії. Метод лазерної дифрактометрії придатний для визначення показників дисперсності соняшникової олії, наявності в олійній дисперсній фазі сторонніх домішок та не олійних включень. В той же час, застосування методики та інструментального забезпечення ультрафіолетової (УФ) спектрофотометрії дозволяє проводити порівняльний якісний та кількісний аналіз соняшникової олії в рамках окремих технологічних процесів, та на етапах лабораторного аналізу соняшникової олії в між виробничі цикли.

Залежність ряду фізико-хімічних властивостей соняшникової олії від ступеня її дисперсності є очевидною. Є багато загальних закономірностей зміни властивостей колоїдної олійної фази в залежності від розмірів частинок в ній. Так, наприклад, зі зменшенням розміру частинок нижче певної межі розчинність олії збільшується. Швидкість дифузії розчинених речовин також збільшується зі збільшенням їх дисперсності.

Група методів молекулярної УФ-спектрофотометрії охоплює оптичні спектри не тільки в ультрафіолетовій (УФ), але і у видимій і самій ближній ІЧ областях, пов'язані з переходами між різними електронними станами атомів і молекул. Випромінювання, що виникає при переходах збуджених атомів в основний електронний стан, дає лінійчатий спектр, який використовується для якісного і кількісного елементного аналізу.

Дослідження характеристичних спектрів зразків соняшникової олії при дії збуджуючого УФ-випромінювання в повній мірі може бути придатним для відповідності її фізико-хімічних показників заданим нормам виробництва.

У випадку формування бази даних відгуків характеристичних спектрів соняшникової олії для конкретного технологічного процесу можна проводити порівняльний контроль отриманої в даному технологічному процесі продукції еталонним показникам, що зберігаються в електронній базі даних вимірювального засобу. Таким чином можна проводити швидкий та зручний експрес контроль інформативних показників соняшникової олії на виробництві та своєчасно отримувати інформацію про вихід контрольованих показників продукції за задані межі.

2.1. Природа електромагнітного випромінювання УФ- та видимого діапазону довжин хвиль

Електромагнітні промені УФ, видимого чи ІЧ діапазону являють собою електромагнітне випромінювання певної довжини хвилі. При цьому відбувається зміна енергії (ΔE) молекул речовини, яка визначається співвідношенням [2, 18]:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu, \quad (2.1)$$

де E_2 и E_1 - енергія системи в кінцевому і початковому станах;

h - постійна Планка, рівна $6,62 \cdot 10^{-27}$ ерг/с;

ν - частота випромінювання.

Частота електромагнітного випромінювання виражається відношенням швидкості світла (c) в вакуумі до довжини хвилі (λ) [18]:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (2.2)$$

Для розрахунку цієї величини, яка вимірюється в зворотних секундах (C^{-1}), необхідно висловити швидкість світла і довжину хвилі в порівнянних одиницях:

$$\nu = \frac{3 \cdot 10^{10} \frac{\text{см}}{\text{с}}}{\lambda(\text{см})} = \frac{3 \cdot 10^{17} \frac{\text{нм}}{\text{с}}}{\lambda(\text{нм})}. \quad (2.3)$$

Як характеристики хвильового параметра електромагнітного випромінювання замість частоти частіше застосовують довжину хвилі (λ) і хвильове число (k), що показує число довжин хвиль, що припадають на 1 см шляху випромінювання в вакуумі:

$$k = \frac{1}{\lambda(\text{см})} = \frac{10^7}{\lambda(\text{нм})} \quad (2.4)$$

З формул (2.3) і (2.4) випливає, що:

$$k = \frac{\nu}{z}. \quad (2.5)$$

Довжина хвилі випромінювання вимірюється в нанометрах (нм). Хвильове число вимірюється в зворотних сантиметрах (см^{-1}). співвідношення довжин хвиль і хвильових чисел представлено на рис 2.1.

Зміна енергії (рівняння 2.1) може приймати як позитивне, так і негативне значення. У першому випадку спостерігається поглинання енергії, у другому - її випромінювання. Надалі мова буде йти тільки про поглинання речовиною енергії.

Величина поглинання енергії вимірюється в ергах, кілокалорії на моль і електронвольтах. З виразів 2.1 і 2.2 випливає, що [2, 33]:

$$\Delta E = \frac{hz}{\lambda} \quad (2.6)$$

З урахуванням формул 2.3 і 2.6:

$$\Delta E(\text{erg}) = \frac{6,62 \cdot 10^{-27} \cdot 3 \cdot 10^{17}}{\lambda(\text{нм})} \approx \frac{2 \cdot 10^{-9}}{\lambda(\text{нм})}. \quad (2.7)$$

Згідно квантової теорії, будь-яка молекула може існувати в стаціонарних станах, які відповідають певним енергетичним рівням. Енергія молекули складається в основному з енергій електронного ($E_{\text{эл}}$), коливального ($E_{\text{кол}}$) і обертового ($E_{\text{вр}}$) рухів:

$$E = E_{\text{эл}} + E_{\text{кол}} + E_{\text{вр}} \quad (2.8)$$

Поглинання випромінювання супроводжується зміною енергії цих станів і виникненням електронних, коливальних і обертальних спектрів.

$\lambda, \text{нм}$	200	300	400	500	600	700	800
$\Delta E, \text{ккал/моль}$	142	95	71	57	47	41	36
$\Delta E, \text{эВ}$	6,2	4,1	3,1	2,5	2,0	1,8	1,6
$\bar{\nu}, \text{см}^{-1}$	50 000	33 333	25 000	20 000	16 600	14 300	12 500

Рис.2.1 – Зв'язок хвильових і енергетичних параметрів електромагнітного випромінювання в області від 200 до 800 нм [2].

Енергія електронного руху має порядок величини від декількох десятків кілокалорій на моль до 100- 200 ккал / моль, коливального - від сотні калорій на моль до декількох кілокалорій на моль, обертального - від доль до декількох десятків калорій на моль [12].

На вимірі пропускання, поглинання або розсіювання випромінювання визначальним речовиною базується група фотометричних методів аналізу. Залежно від характеру взаємодії визначається речовини з електромагнітним випромінюванням, способу його вимірювання і типу вимірювального приладу фотометрія підрозділяється на флюорометрію, нефелометрія і турбідиметрії, колориметрію, фотоколориметрія і спектрофотометрію.

2.2. Способи представлення спектрофотометричних даних

Спектрофотометричні величини прийнято представляти табличним і графічним способами. При табличному поданні зазвичай вказують наступні параметри: стан смуги в шкалі довжин хвиль або хвильових чисел, полуширину і асиметрію, визначення півширини ($\Delta\lambda_{\frac{1}{2}}$) смуги поглинання [4].

Положення смуги характеризується довжиною хвилі, або хвильовим числом, відповідним максимуму, мінімуму і перегину (інфлексії) спектра поглинання. Довжину хвилі або хвильове число максимуму легко встановити при вузьких смугах. Встановити положення максимуму широкої смуги, особливо асиметричної, складніше. Існує кілька способів. Один з них полягає

в наступному (рис. 2.2): проводять кілька паралельних осі абсцис ліній, що перетинаються з контуром умов, і відрізок кожної із них всередині півсмуги ділять навпіл.

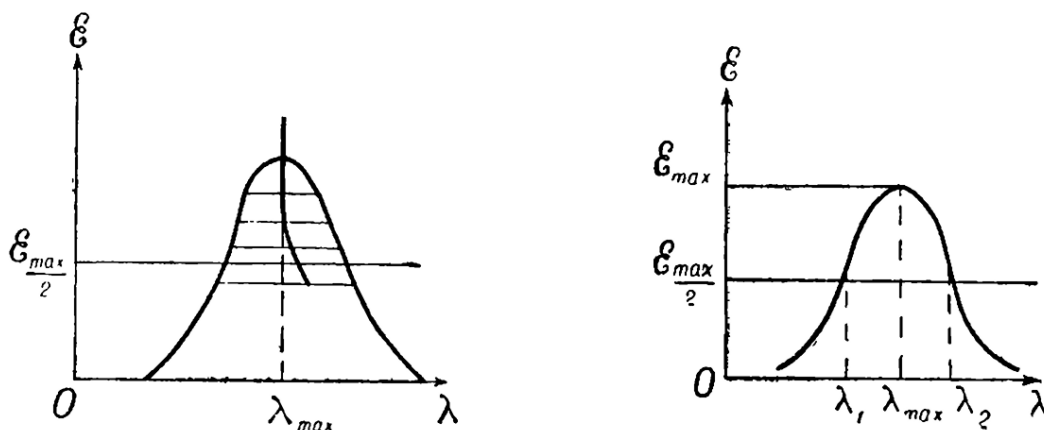


Рис. 2.2 – Встановлення максимуму смуги поглинання [4]

Через середини відрізків проводять плавну лінію до перетину з контуром смуги. Точка перетину відповідає максимуму смуги. Цей спосіб придатний також для встановлення мінімуму смуги поглинання.

2.3 Фізичні основи люмінесценції та інформативність люмінесцентного методу

Люмінесценція характерна для багатьох природних і синтетичних матеріалів неорганічної і органічної природи. Суть люмінесценції полягає у випромінювальному переході атома зі збудженого електронного стану в основний або в інший стан з меншою енергією. В ході такої релаксації вивільняється квант енергії, що характеризує певний енергетичний перехід і визначає положення смуги випромінювання на шкалі електромагнітних хвиль.

Різні речовини здатні проявляти свої випромінювальні властивості. Класифікація явищ люмінесценції може бути ґрунтована на тривалості процесу випромінювання, на способі збудження і на механізмі процесу люмінесценції.

У класифікації систем за тривалістю виділяється два великі класи, що дістали назви флюоресценції і фосфоресценції. Під флюоресценцією розуміється випромінювання, що триває після припинення збудження не

швидше періоду світлових коливань 10^{-9} с і не довше 10^{-3} с; фосфоресценцією називають світіння, що триває значний період часу після припинення збудження (від 10^{-2} с до декількох секунд) [4, 6].

У класифікації, що базується на видах збудження люмінесценції, виділяють декілька видів люмінесценції. Найбільш поширеними з них є наступні: фотолюмінесценція (збудження світловими квантами), катодолюмінесценція (дія пучка швидких електронів), рентгенолюмінесценція (збудження рентгенівськими променями), радіолюмінесценція (збудження гамма променями або швидкими ядерними частками), електролюмінесценція (дія електричного поля).

Згідно класифікації, ґрунтованої на механізмі процесу люмінесценції, виділяють резонансне, спонтанне і вимушене світіння. Резонансна люмінесценція (рис. 2.3, а) – процес випромінювання фотонів тієї ж енергії, що і у поглинутих фотонів збуджуючого світла. Спонтанна люмінесценція (рис. 2.3, б) реалізується шляхом випромінювання фотонів зі збудженого рівня нижчого, ніж рівень, на який система переходить при збудженні, і пов'язана із безвипромінювальним переходом між різними збудженими рівнями.

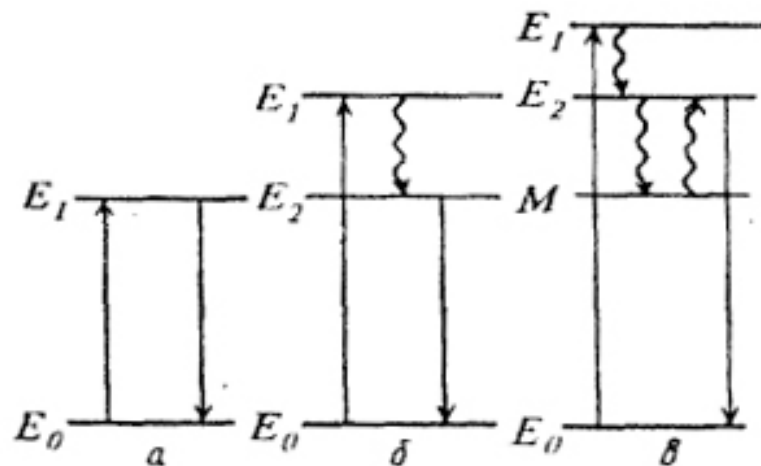


Рис. 2.3 – Діаграма електронних переходів при люмінесценції [2].

Стокс встановив, що випромінюване при люмінесценції світло більшу довжину хвилі, ніж світло, що спричиняє люмінесценцію. Правило Стокса впливає з квантових уявлень про світло. Так як енергія фотона що падаю на

досліджуваний зразок $h\nu_0$ частково витрачається на різні внутрішньо-молекулярні процеси, то енергія що вивільняється зразком $h\nu$ виявляється дещо менше, ніж $h\nu_0$.

$$h\nu = h\nu_0 - A \quad (2.9)$$

де ν_0 – частота збуджуючого випромінювання; ν - частота світла що випромінює зразок; A - енергія, що розсіюється в речовині.

Якщо молекули речовини, що люмінесціює, знаходяться в збудженому стані (наприклад, у разі нагрівання тіла), то до енергії збуджуючих фотонів може додаватися енергія за рахунок внутрішніх джерел. В цьому випадку $A < 0$, Тому в спектрі люмінесценції зразка буде спостерігатися так звана антистоксова область, для якої $A > 0$, $\nu_0 > \nu$ і $\lambda > \lambda_0$ [6, 16]

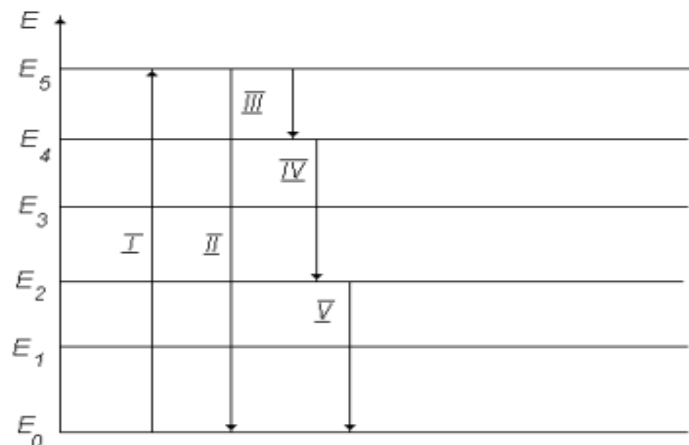


Рис. 2.4 – Енергетичні випромінювальні рівні при молекулярній люмінесценції [16]

Механізми флуоресценції і фосфоресценції дещо відрізняються один від одного. При флуоресценції випромінювання виникає внаслідок того, що електрон даного атома (молекули), збуджений падаючим світлом, повертається назад на збудженому енергетичний рівень (рис. 2.4). Внаслідок поглинання кванта електрон може перейти із збудженого енергетичного рівня E_0 на рівень E_5 (перехід I). Зворотний перехід можливий або відразу на рівень E_0 (перехід II), або в кілька етапів (переходи III-IV-V. Всі варіанти переходів на рисунку показані стрілками.

Всі ці процеси відбуваються всередині атому і протікають порівняно швидко: час загасання порядку часу життя атома в збудженому стані.

Чисто емпірично наявність і колір люмінесценції зв'язувалися з присутністю певних елементів або з'єднань. Подібний підхід до люмінесцентного дослідження ефективно використовується і нині в питаннях первинної діагностики деяких мінералів, в польових умовах відбору проб і у складі експресних комплексних досліджень.

2.5 Будова та основні вузли УФ-спектрофотометрів

Оптична область електромагнітного спектру, в якій спостерігаються електронні переходи, охоплює інтервал довжин хвиль від ~ 120 Нм, тобто від жорсткого УФ випромінювання, до теплового випромінювання ближньої ІЧ області. Кордоном видимої та УФ областей вважають 400 нм, а видимої та ІЧ областей - 750 нм. Для дослідження всієї зазначеної області необхідна в кожній її частині своя техніка експерименту, включаючи різні джерела і приймачі випромінювання, прозорі матеріали та ін. Основні вузли типового спектрофотометру представлені на блок-схемі (рис. 2.5) [14].

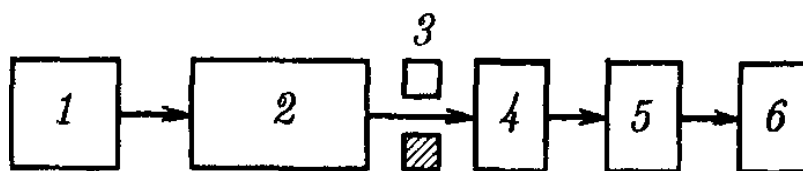


Рис. 2.5 - Блок-схема 2-канального УФ спектрофотометру: 1 - блок змінних джерел випромінювання з освітлювальним пристроєм; 2 - монохроматор з входною та вихідною щілинами і диспергируючим пристроєм (кварцова призма або дифракційна решітка); 3 - кюветне відділення (кювета із зразком, кювета порівняння); 4 - змінні приймачі; 5 - підсилювач; 6 - реєструючий пристрій або блок зв'язку з ЕОМ [16].

Типовий УФ-спектрофотометр може містити систему фокусуючих елементів (світло збиральні лінзи, обрізуючі світлофільтри, світлофільтри із заданим коефіцієнтом пропускання) що дозволяють коригувати ширину

спектрального діапазону як збуджуючого випромінювання так і того що пройшло через зразок та енергетичні характеристики робочих світлових потоків (силу світлового потоку) рис. 2.10 [33].

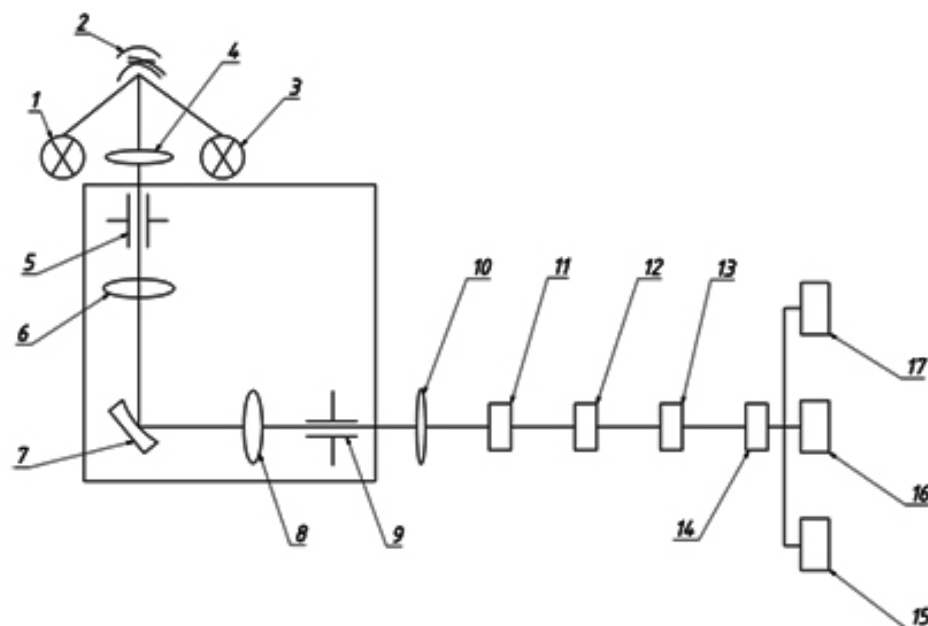


Рис. 2.6 – Функціональна схема 1-канального УФ-спектрофотометру: 1 - джерело світлової енергії (видима область); 2 - поворотний відбивач; 3 - джерело світлової енергії (ультрафіолетова область); 4 - оптична система, що направляє потік енергії на вхідну щілину; 5 - вхідна щілина; 6 - оптична система, яка формує паралельний потік світлової енергії; 7 - диспергируючий елемент (призма або дифракційна решітка); 8 - оптична система, що направляє потік енергії на вихідну щілину; 9 - вихідна щілина; 10 - оптична система, яка формує потік енергії, що проходить через кювету; 11 - кювета; 12 - фотоприймач; 13 - аналого-цифровий перетворювач; 14 - мікро-ЕОМ; 15 - індикатор; 16 - пульт оператора; 17 - інтерфейс зв'язку із зовнішнім ЕОМ і реєструючим пристроєм [33].

Поворотний відбивач (2) спрямовує потік світлової енергії від одного з джерел (1 або 3), через оптичну систему (4) на вхідну щілину (5) монохроматора. З виходу монохроматора через щілину (9) надходить монохроматический потік світлової енергії з певною довжиною хвилі λ . Установка необхідної довжини хвилі найчастіше здійснюється шляхом зміни

кута падіння поліхроматичного потоку світлової енергії по відношенню до площини диспергуючого елемента (7). Оптична система (10) формує світловий потік таким чином, щоб при мінімально допустимому обсязі досліджуваного розчину і багаторазової установки кювети (11) в кюветное відділення геометрія потоку не змінилася [1, 3].

Для того щоб зібрати якомога більше квантів світла, конструкція УФ-спектрометра повинна передбачити якомога більший тілесний кут збору світла від зразка (до 2π).

2.6 Огляд комерційних зразків спектроенергетичних вимірювальних засобів придатних для вимірювання квантового відгуку люмінесценції зразків.

Засоби люмінесцентної УФ-спетропектрофотометрії є досить дієвими для ідентифікації та розрізнення неполярних розчинів (до яких відноситься соняшникова олія різного сортового складу та технології виготовлення) по їх характеристичним спектрам люмінесценції. Це дозволяє вести розробку нових підходів до застосування люмінесцентних інструментальних засобів, придатних до аналізу оптичних властивостей зразків соняшникової олії і спрямованих, в першу чергу, на визначення активних компонентів без їх поділу. В результаті знижуються витрати на пробопідготовку і підвищується селективність та точність вимірів. Можна розглянути присутні на ринку аналоги що застосовують вищезазначені підходи до спектрального аналізу зразків.

1. УФ-спектрофотометри серії *SpectroDirect* призначено для аналізу природних і технічних вод, мінеральних напоїв і соків. Він дозволяє вимірювати такі параметри, як вміст алюмінію, миш'яку, свинцю, броду, а також загальну твердість води, її каламутність і *pH* (у тому числі *m*- і *p*-лужність), CSB LR, CSB MR, CSB HR, DEHA, Hazen, коефіцієнти спектрального поглинання. Під час аналізів можна застосовувати як круглі, так і прямокутні кювети з товщиною від 1 до 50 мм без необхідності залучення спеціальних адаптерів.

SpectroDirect – це однопроменевий спектрофотометр, оптичну схему якого наведено на рис. 2.7.

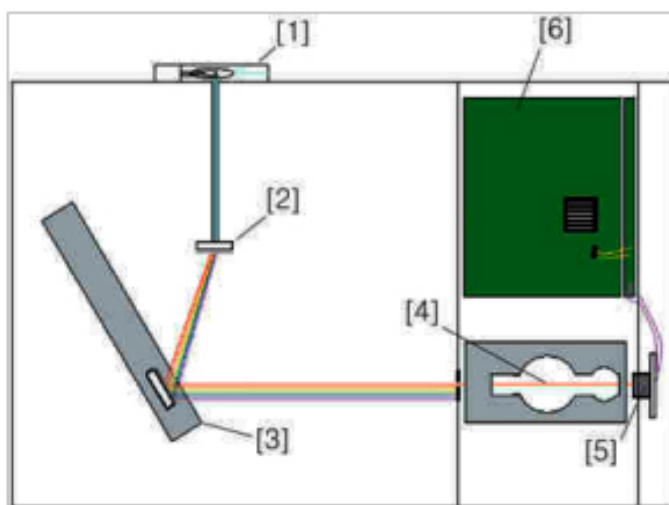


Рисунок 2.7 – Оптична схема спектрофотометру SpectroDirect УФ-та видимого діапазону довжин хвиль [30]

Як джерело світла у приладі використовують вольфрамово-галогенову лампу – 1, що не потребує попереднього розігріву. Світло попадає на дифрактор – 2, де він розділяється на складові частини спектру. Рухоме дзеркало – 3 автоматично виокремлює світло потрібної довжини хвилі і спрямовує промінь на зразок в кюветі – 4. Випромінювання, що пройшло через зразок, попадає на кремнієвий фотодіод – 5. Після обробки мікропроцесором – 6 результат аналізу відображається на дисплеї.



Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд спектрофотометру SpectroDirect УФ-та видимого діапазону довжин хвиль [21]

Спектрофотометр SpectroDirect, зовнішній вигляд якого наведено на рис. 2.8, має такі робочі характеристики:

- діапазон робочих довжин хвиль 330...900 нм;
- фотометричний діапазон -0,3...2,5 Abs;
- ширина спектральних інтервалів 10 нм;
- точність і відтворюваність довжини хвилі ± 2 нм і ± 1 нм відповідно;
- розміри 275x340x165 мм, вага – 3,2 кг.

Користуючись відображенням на дисплеї списком елементів/сполук, які прилад здатен аналізувати, вибирається необхідний для цього метод. Після чого на дисплеї з'являється інформація про довжину хвилі, діапазон вимірювання, список необхідних реагентів і тип кювети потрібні для вимірювання.

2. УФ-спектрофотометри серії DR. В даний час серійно випускаються спектрофотометри DR2800, DR5000 та DR6000. Усі ці спектрофотометри являють собою настільні лабораторні прилади з мікропроцесорним керуванням та цифровим відображенням результатів аналізу на дисплеї.

Більш компактний спектрофотометр DR 2800 (рис. 2.9) має можливість працювати від акумулятора, що дозволяє застосовувати його у польових умовах. Маса повністю обладнаного приладу не перевищує 4 кг. Спектрофотометр DR2800 здатен працювати у режимах поглинання або пропускання світла в УФ- та видимому діапазоні, вимірювання спектрів люмінесценції зразків, вимірювання концентрації та спектрального кінетичного аналізу і має такі технічні характеристики:

- діапазон робочих довжин хвиль – 190...1100 нм;
- ширина спектральної лінії – 2 нм;
- роздільна здатність та відтворюваність – 0,1 нм;
- швидкість сканування – 900 нм/хв з кроком 1 нм;

Такий широкий діапазон застосовних довжин хвиль забезпечується застосуванням у приладах двох типів ламп – дейтерієвих (УФ-діапазон) і галогенових (видиме світло).



Рисунок 2.9 – Загальний вигляд спектрофотометру DR2800 [14]

У конструкції спектрофотометрів DR5000 та DR6000 передбачені адаптери як для прямокутних кювет товщиною 10 мм, 20 мм, 50 мм, так і для циліндричних кювет діаметром 13 мм, а також карусель-тримачі на сім прямокутних кювет товщиною 10 мм і модуль автоматичної подачі проб. Робочий спектральний діапазон цих приладів становить 190...1100 нм.

3. Багаторежимні УФ-вимірювачі серії GloMax. Даний вимірювальний прилад має наступні режими роботи – люмінесценція, люмінесценція з фільтрами, флуоресценція, BRET і FRET, поглинання. Прилад має широкий діапазон для роботи зі слабкими і сильними біолюмінесцентними зразками. Спектральний діапазон вимірювань люмінесценції зразків становить: 350-650 нм



Рис. 2.10. Загальний вигляд УФ-спектрофотометру із можливістю реєстрації люмінесценції Promega GloMax Discover PE4 (2016 р.)

GloMax Discover оснащений вбудованими шейкером, термостатом і планшетним комп'ютером для керування приладом. Для роботи із зразками використовується ПО GloMax Discover, USB-порт і бездротове з'єднання з локальною мережею що забезпечують зручну роботу і зберігання даних.

Провівши огляд доступних на ринку України засобів придатних до вимірювання характеристичних спектрів люмінесценції зразків у рідкій формі можна судити про те, що дані вимірювачі мають гарні характеристики по критеріях точності, достовірності та швидкодії при вимірюванні інформативних спектрів люмінесценції рідин. Більшість із них можуть бути використані для лабораторного контролю показників люмінесценції полярних розчинників, в тому числі соняшникової олії.

В той же час, в рамках нашого аналізу, нами не було знайдено спеціалізованого вимірювального засобу придатного для застосування в експрес контролі показників якості соняшникової олії шляхом вимірювання її характеристичних спектрів люмінесценції. Застосування люмінесцентної методики та відповідного інструментального забезпечення в аналізі показників якості соняшникової олії дозволить проводити швидке, надійне визначення сортової та видової приналежності досліджуваного зразка, якісний та кількісний аналіз із можливістю інтеграції люмінесцентного вимірювального модулю безпосередньо у конкретний технологічний процес виробництва соняшникової олії та проведенням вимірів в режимі реального часу.

2.7 Теоретичні аспекти дисперсного аналізу супутніх включень та домішок соняшникової олії

Методики визначення розмірів частинок олійної дисперсної фази засновані на різних властивостях складових дисперсної системи: молекулярно-кінетичних, осмотичних, седиментаційних, адсорбційних та ін.. Здатність олійної дисперсної системи зберігати рівномірний розподіл часток по всьому об'єму системи називають седиментаційною або кінетичною стійкістю системи. Про седиментаційну стійкість або нестійкість можна

говорити тільки при розгляді вільнодисперсної системи, де кожна частинка вільна і знаходиться в тепловому русі.

Розрізняють якісний і кількісний дисперсійний аналізи. Якісний дисперсійний аналіз соняшникової олії встановлює, чи є досліджувана система грубодисперсною, мікрогетерогенною або ультрамікрогетерогенною.

До грубодисперсних систем відносять системи з розміром частинок більше 10 мкм (10000 нм). Розміри частинок від 0,1-10,0 мкм (100-10000 нм) лежать в області мікрогетерогенних систем; частинки менше 0,1 мкм (100 нм) відносять до ультрамікрогетерогенних [12].

Кількісний дисперсійний аналіз полягає в поділі досліджуваної олійної фази на окремі фракції, що містять частинки певних розмірів, і встановленні процентного вмісту окремих фракцій в досліджуваній олійній дисперсній системі.

2.8. Особливості контролю дисперсності рідких речовин методами лазерної дифрактометрії

Метод лазерної дифрактометрії складається із наступного: промінь від лазеру пропускають через систему лінз, на певній відстані від якої розташовується кювета із досліджуваним розчином. Оптичну картину проєктують на екран, так щоб проєкція кювети займала всю ширину екрану. Для документування візуальних спостережень динаміки руху частинок дисперсної фази використовують цифрову камеру (із ПЗЗ матрицею або фотодіодною лінійкою – CMOS сенсор. Оптичне збільшення на лазерній установці повинно бути оптимальним. Далі, якщо це необхідно, проводять комп'ютерну обробку зображення (рис. 2.11) [5].

Зі спектрів малокутового розсіювання може бути залучена інформація як якісного так і кількісного характеру.

У методі лазерної дифракції (Particle size analysis - Laser diffraction methods) використовується апроксимація Фраунгофера, а також зворотне світлорозсіювання. В останніх розробках застосовується повна теорія Мі (Mie

Scattering), яка вирішує рівняння взаємодії світла з речовиною. Застосування цієї теорії дозволяє отримати більш точні результати в великому розмірному діапазоні [5, 15].

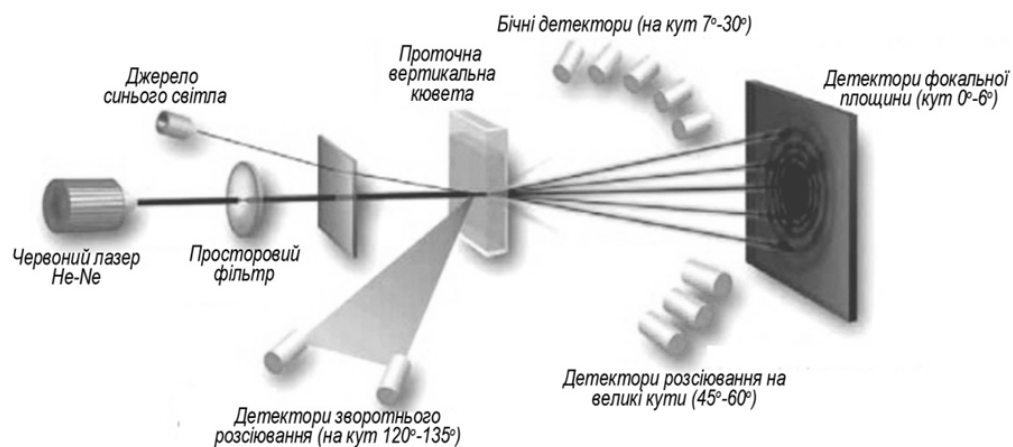


Рис. 2.11 – Принцип роботи лазерного аналізатора дисперсності [5].

При вимірюванні розміру часток вимірюваний параметр відноситься до радіусу сфери. Усі несферичні частки представляються у вигляді еквівалентних сфер шляхом математичних перетворень, що дозволяє описувати різні частки одним параметром. Зразок, диспергований в рідині з необхідною концентрацією, поміщається в лазерний пучок. Світло, розсіяне від частинок на різних кутах, вимірюється багатoelementним детектором. Для відтворення спектра дрібних частинок, наприклад, 0,7 мкм, необхідно знімати індикатрисы розсіювання в межах кутів 9-28°. Монохроматичний пучок світла, проходить через спеціальну комірку з поміщеним в неї зразком. У міру того, як частинки входять в зону випромінювання і залишають її, виникає дифракційна картина, що відображає собою миттєве розподіл часток за розмірами [13].

У більшості практичних випадків через математичні труднощі і необхідність наочної зв'язку параметрів дифракційної картини із об'єктом вимірювання, доводиться вдаватися до наближених методів і тут основним принципом, використовуваним в хвильовій оптики, стає принцип Гюйгенса - Френеля, якому Кірхгоф надав строгий математичний вигляд. При використанні принципу Гюйгенса-Френеля кожену точку простору, в якій

відбувається дифракція, вважають джерелом сферичних хвиль. але більш фізичним є підхід, що полягає в тому, що спостережуване поле представляє суперпозицію падаючої хвилі, без спотворень що пройшла через отвір, і дифрагованої хвилі, джерелом якої служить край отвору. Цей підхід вперше сформульований Юнгом [14]

2.9. Основні положення дифракції Френеля і Фраунгофера

В основі побудови дифракційних картин лежить принцип Гюйгенса-Френеля: кожна точка хвильового фронту на входному отворі є джерелом вторинних сферичних хвиль, промені яких розходяться в усіх напрямках в півсфері за екраном.

В математичному вираженні принципу Гюйгенса-Френеля являє собою інтеграл суперпозиції. При такій умові на плоский непрозорий екран, в якому є отвір, падає випромінювання (рис. 2.12) суміщене із площиною екрану в площині (X, Y), прямокутної системи координат.

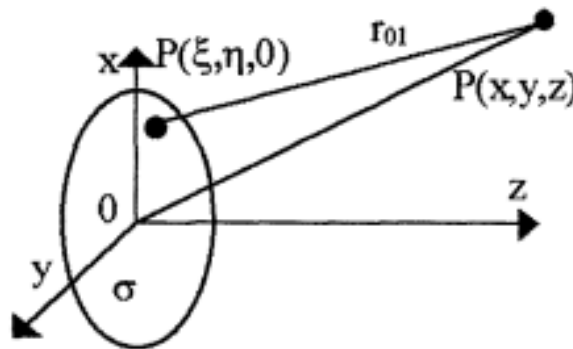


Рис. 2.12 – Схема утворення дифракційної картини [25].

Координати в площині отвору визначаються як $(\xi, \eta, 0)$, а координати точки спостереження P - x, y, z. Амплітуду поля в точці P (x, y, z) можна знайти за виразом 2.10 [25]

$$u_p = \frac{jk}{2\pi} \int_{\sigma} F(\xi, \eta) \frac{e^{-jkr_{01}}}{r_{01}} d\xi d\eta \quad (2.10)$$

де $k = 2\pi/\lambda$; $j = \sqrt{-1}$; $F(\xi, \eta)$ - функція розподілу амплітуди і фази поля.

При аналізі дифракційних розподілів використовується наближення, засноване на припущенні, що відстань r_{0l} між отвором і областю спостереження значно перевищує максимальний лінійний розмір отвору a . Крім того, в площині спостереження розглядається тільки кінцева область поблизу осі z і що відстань σ набагато більша максимального розміру цієї області. Подальше спрощення можна отримати, приймаючи деякі обмеження для величини r_{0l} . Відстань r_{0l} буде виражатися виразом 2.11:

$$r_{0l} \approx z + \frac{(x - \xi)^2}{2z} + \frac{(y - \eta)^2}{2z} \quad (2.11)$$

Якщо в розкладанні обмежитися членами другого ступеня, то таке наближення називається наближенням Френеля.

$$u_p = \frac{jke^{-jkz}}{2\pi z} \int_{\sigma} F(\xi, \eta) e^{-j\frac{k}{2z}[(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2]} d\xi d\eta \quad (2.12)$$

Дифракційні явища цього класу застосовуються при аналізі дифракційних розподілів для вимірювання рахункових концентрацій мілкодисперсних об'єктів в певній точці простору. Це обумовлено тим, що характер дифракційного розподілу залежить від розташування об'єкта, дифракції відносно площини спостереження, що особливо важливо при проведенні кількісних вимірювань в реальному масштабі часу [36].

Зі збільшенням відстані від об'єкта дифракції до площини реєстрації можна перейти в іншу область - область дифракції Фраунгофера. І якщо прийняти припущення Фраунгофера (вираз 2.13).

$$z = \left(\frac{\xi^2 + \eta^2}{2} \right) k, \quad (2.13)$$

В такому випадку квадратичний фазовий множник стає приблизно рівним одиниці по всьому отвору:

$$\exp \left[\frac{jk}{2z} (\xi^2 + \eta^2) \right] \approx 1 \quad (2.14)$$

У цій області відбувається остаточне формування дифракційного розподілу, тоді загальне рівняння дифракційного розподілу буде мати вигляд:

$$u_p = \frac{jke^{-j\frac{k}{2z}(x^2+y^2)}}{2\pi z} \int_{\sigma} F(\xi, \eta) e^{-j\frac{k}{z}(x\xi+y\eta)} d\xi d\eta \quad (2.14)$$

Для цілого ряду застосувань зручно використовувати сферичну систему координат:

$$x = R \sin \theta \cos \varphi, y = R \sin \theta \sin \varphi, z = R \cos \theta \quad (2.15)$$

У цьому випадку, з точністю до постійного множника, розподіл амплітуди поля набуває вигляду.

$$u_p = A \int_{\sigma} F(\xi, \eta) e^{-jk \sin \theta (\xi \cos \varphi + \eta \sin \varphi)} d\xi d\eta. \quad (2.16)$$

Поступова зміна фізичних характеристик поля при переході із зони Френеля до зони Фраунгофера розраховується використовуючи метод зон Френеля.

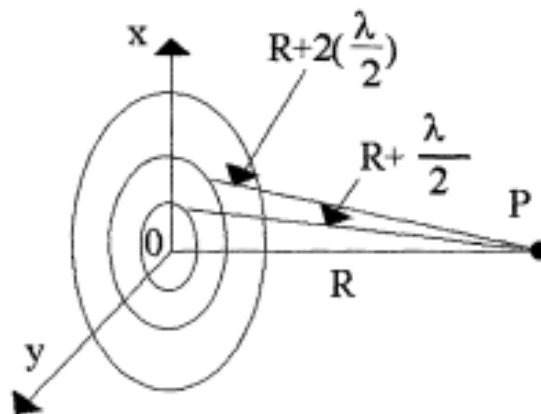


Рис. 2.13 Розбиття отвору дифракційної картини на зони Френеля [35].

Якщо розглядати трансформацію поля уздовж осі z точка спостереження P знаходиться на відстані R на осі, нормальної до отвору круглої форми. Беручи точку P за центр, побудуємо сімейство сфер з радіусами $R + \frac{\lambda}{2}, R + 2(\frac{\lambda}{2}) \dots$ і т.д. Їх перетин з площиною отвору ділить отвір на кільцеві області, звані зонами Френеля. Якщо пронумерувати зони, як

показано на рис. 2.13, то можна встановити, що дві сусідні зони n і $n + 1$ створюють в точці спостереження P поля зсунуті по фазі на 180° . Повне поле, створюване отвором на осі з урахуванням зсуву по фазі дорівнює $u_p = u_{p1} - u_{p2} + u_{p3} - u_{p4} + \dots$, де u_{pn} , - сукупність внесків від відповідних зон поля в отворі. Величина внесків зі збільшенням номера зони повільно зменшується і результуюча дія двох сусідніх зон стає практично рівною нулю. Точні обчислення показують [13], що якщо повне число зон в отворі дорівнює N , результуюче поле дорівнює:

$$u_p = \frac{1}{2}(u_{p1} \pm u_{pN}) \quad (2.17)$$

Знак залежить від того, парне або непарне N . При видаленні точки спостереження число зон зменшується і амплітуда поля проходить через ряд максимумів і мінімумів, причому максимумами припадають на ті точки, для яких є непарне число зон Френеля, а мінімумами на точки, відповідні парним числом зон:

$$u_p = \frac{1}{2}(u_{p1} - u_{pN}) \approx 0, \text{ для парних } N; \quad (2.18)$$

$$u_p = \frac{1}{2}(u_{p1} + u_{pN}) \approx u_{p1}, \text{ для парних } N; \quad (2.19)$$

Коливання припиняються в точці на осі, для якої є тільки одна зона Френеля. Відстань цієї точки визначається виразом 2.20:

$$R_f = \frac{D^2 - \lambda^2}{4\lambda} \approx \frac{D^2}{4\lambda}, \quad (2.20)$$

де D - діаметр отвору.

Дана відстань не може вважатися межею далекої області (Фраунгофера), тому що поле, створюване на цій відстані краями отвору, зрушено по фазі на 180° по відношенню до поля, що створюється центром отвору, в той час як критерієм далекої області на осі є малість різниці шляхів до точок на отворі.

Розділивши отвір на кільцеві зони малої ширини і зображуючи сумарний ефект у вигляді складання елементарних векторів від таких кільцевих зон, ми знайдемо, що для відстаней, великих R_f , векторні діаграми дифракційної картини будуть мати вигляд, показаний на рис. 2.14 [35]. Причому головним критерієм переходу в далеку область (Фраунгофера) служить відстань $R_d = \frac{D^2}{\lambda}$. В той же час, умови формування дифракційної картини в дальній області будуть виконуватися вже на відстані близько $(5 \div 10) \frac{D^2}{\lambda}$.

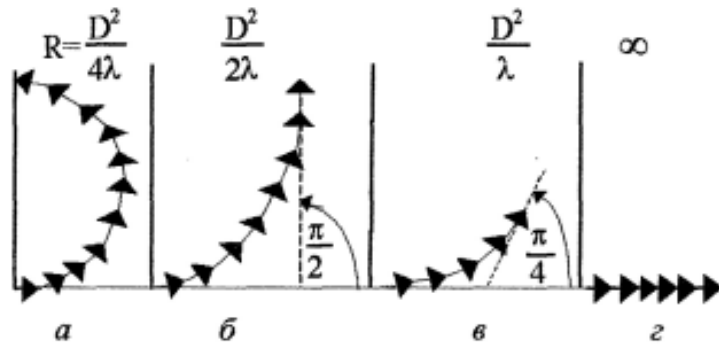


Рис 2.14 – Перехід з області дифракції Френеля до області дифракції Фраунгофера [35].

За допомогою лазерної дифрактометрії зазвичай вимірюються розміри об'єктів від одиниць до сотень мікрометрів, і далека область відповідно буде розташовуватися на відстанях $R=10...100\text{мм}$. В той же час, картини дифракції Фраунгофера можна спостерігати на відстанях, що не задовольняють умовам далекої зони, якщо отвір освітлюється сферичною хвилею що сходиться у напрямку до спостерігача, або, якщо між площиною спостереження і об'єктом дифракції відповідним чином розташована збираюча лінза.

Розподіл енергії за методом зон Френеля в дифракційній картині показано на рис. 2.15. Парні зони мають нульову освітленість, а непарні висвітлені, причому перша зона має виражений максимум. У випадку коли перешкода залишає відкритою лише малу частину 1-ї зони Френеля

дифракційну картину від перешкод невеликого розміру можна спостерігати на дуже великих відстанях. Промені проведені в далеку точку спостереження від різних елементів хвильового фронту, практично можна вважати паралельними. Цей випадок дифракції так і називається - дифракція в паралельних променях або дифракція Фраунгофера - по імені німецького фізика І.Фраунгофера, сучасника Френеля. Якщо на шляху променів за перешкодою поставити збиральну лінзу, то паралельний пучок променів, дифрагованим на перешкоді під кутом збереться в деякій точці фокальної площині [15].

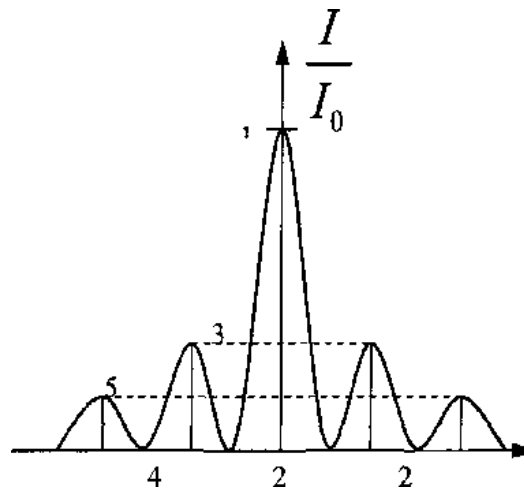


Рис. 2.15 – Розподіл енергії дифракційної картини за методом зон Френеля [25].

У разі дифракції Фраунгофера на скупченні мілкодисперсних часток розміри яких d більші за довжину хвилі λ дифракційне зображення складається з центрального світлої плями (диск Ейрі), на яке припадає приблизно 85% енергії світла, і оточуючих його світлих і темних кілець. Дифракція Фраунгофера може бути застосована при контролі розмірів частинок, для яких форма поверхні приймається за сферу.

Інтенсивність дорівнює нулю при значеннях u , визначених $J_1(u) = 0$. При віддаленні від центру дифракційної картини відстань між послідовними мінімумами або максимумами наближається до π . Таким чином, дифракційна картина має вигляд світлих і темних концентричних кілець (рис. 2.16).

Відстань між сусідніми кільцями наближується до величини $\frac{\lambda}{2a}$

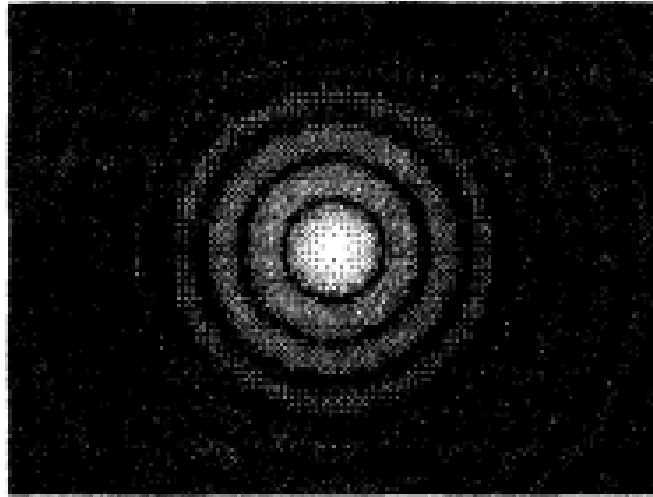


Рис 2.16 – Дифракційна картина при аналізі мілкодисперсних часток у рідкій фазі [14].

У ряді застосувань, коли використовуються великі номери дифракційних порядків, при аналізі зручно користуватися асимптотичною формою визначення дифракційної картини Фраунгофера:

$$2\pi a^2 \frac{J_1(u)}{u} \approx 2a^2 \sqrt{\frac{2\pi}{u^3}} \sin\left(u - \frac{\pi}{4}\right), u \rightarrow \infty. \quad (2.21)$$

2.10 Закономірності формування Фур'є образу дифракційної картини на площині проекції

У когерентній оптиці для опису дифракційної картини застосовується перетворення, що описує дифракцію Фраунгофера при проходженні когерентного пучка через оптичну систему з досить малою кутовою апертурою. Будь-яка дифракційна оптична система крім зображення об'єкта, що визначається законами геометричної оптики ставить йому у відповідність двовимірний Фур'є-образ на площині проекції (рис. 2.15), який визначається законами дифракції.

За визначенням, перетворенням Фур'є функції $f(x)$ (дійсної або комплексної) називається інтегральна операція описана виразом 2.22 [35]:

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \exp[-j2\pi(ux)] dx \quad (2.22)$$

Перетворення такого виду являє собою функцію незалежної змінної що є просторовою частотою. Зворотнє перетворення Фур'є функції $F(u)$ записується наступним чином [35, 36]:

$$F(u) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(u) \exp[j2\pi(ux)] du \quad (2.23)$$

Необхідною умовою існування перетворення Фур'є є абсолютна інтегрованість функцій $f(x)$ та $F(u)$ таким чином, щоб значення інтегралів $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx$, та $\int_{-\infty}^{\infty} F(u) du$ були скінченними. Функції перетворення, що використовуються в хвильовій оптиці, визначаються лише на обмеженому інтервалі, тому для них ця вимога дотримується завжди (змінні x та u в даних перетвореннях називаються сполученими). Відмінності між прямим Фур'є-перетворенням і зворотним Фур'є-перетворенням полягає у різних знаках, що містяться в експонентах виразів, а також в наявності множника $1/2\pi$ у формулі зворотного перетворення.

2.11 Аналіз залежностей спектрів розсіяного випромінювання розмірних часток у полярних розчинах

Розміри мілкодисперсних частинок знаходяться в діапазоні від одиниць нанометрів (колоїдні частинки), до десятків мікрометрів (сміття, частки плодової оболонки насіння соняшнику та їх скупчення). Для визначення розмірних показників часток можна скористатися теорією Мі, розкладаючи розсіювання світла на частинках, розміри яких d можуть бути порівняні з довжиною світлової хвилі λ . При $d \ll \lambda$ формули теорії Мі переходять у формули для релеевського розсіювання.

Модель, що використовує рівняння теорії Мі та наближення однократного розсіювання, справедлива або при малій концентрації частинок що розсіюють світло, або в шарах малої товщини. Форма частинок задається

сферичною. Із теорії випливає те, що інтенсивність розсіювання I у прозорому середовищі при неполяризованому падаючому випромінювання визначається формулою [6]:

$$I = \frac{1}{2k^2r^2} [|S_1|^2 + |S_2|^2] \quad (2.24)$$

де S_1 та S_2 – амплітудні функції розсіювання, що відповідають поляризації розсіяного випромінювання в площині розсіювання та у перпендикулярній до неї площині, k – хвильовий вектор у середовищі, оточуючому частинку, що розсіює, r – відстань від частинки до приймача випромінювача [5, 26].

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (2.25)$$

де λ – довжина хвилі світла у середовищі, де знаходяться частинки, що розсіюють, пов'язана з довжиною хвилі у вакуумі λ_0 співвідношенням $\lambda = \frac{\lambda_0}{n_r}$ (n_r – показник заломлення середовища).

Вираз 2.24 дозволяє виразити через S_1 та S_2 диференціальний переріз розсіювання частинок. Він визначається, як потужність що розсіяна на одиницю тілесного кута по напрямку Ω (яке можливо задати двома кутами – кутом розсіювання θ та азимутним кутом φ) при одиничній інтенсивності падаючого випромінювання [25].

Диференціальний переріз розсіювання виражається виразом [23]:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{r^2 I}{I_0} \quad (2.26)$$

Із виразів (2.24 та 2.25) можна визначити диференціальний переріз:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\lambda^2}{8\pi^2 n_r^2} * [|S_1|^2 + |S_2|^2] \quad (2.27)$$

Для сферичної частинки радіусу a амплітудні функції розсіювання S_1 та S_2 , що відповідають поляризації розсіяного випромінювання в площині розсіювання будуть визначатися [13, 25]:

$$S_1(\lambda, \theta, a) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n+1}{n(n+1)} (a_n \pi_n + b_n \tau_n) \quad (2.28)$$

$$S_2(\lambda, \theta, a) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n+1}{n(n+1)} (a_n \tau_n + b_n \pi_n) \quad (2.29)$$

де a_n та b_n – коефіцієнти Мі;

π_n та τ_n – кутові коефіцієнти розсіювання.

Коефіцієнти Мі a_n та b_n можна виразити [14, 25]

$$a_n = \frac{m^2 j_n(mx) [x j_n(x)]' - j_n(x) [m x j_n(mx)]'}{m^2 j_n(mx) [x h_n^{(I)}(x)]' - h_n^{(I)}(x) [m x j_n(mx)]'} \quad (2.30)$$

$$b_n = \frac{j_n(mx) [x j_n(x)]' - j_n(x) [m x j_n(mx)]'}{j_n(mx) [x h_n^{(I)}(x)]' - h_n^{(I)}(x) [m x j_n(mx)]'}$$

де m – відносний показник заломлення;

$x = 2\pi/\lambda$ – наведений радіус розсіюючої сферичної частинки;

a – її геометричний радіус;

λ – довжина хвилі світла в середовищі, в якому знаходяться частинки, що розсіюють;

j_n – сферична функція Бесселя порядку n ,

$h_n^{(I)}$ – сферична функція Генкеля порядку n , штрих (') означає диференціювання за аргументами x або mx [15, 36].

Необхідно також урахувати поглинання як падаючого, так і розсіяного випромінювання середовищем і зваженими в ньому частинками. Якщо розсіюючі частинки знаходяться в кюветі з довжиною оптичного шляху l і просвітлюються паралельним світловим пучком, то для інтенсивності розсіювання під малими кутами θ ($\cos \theta \approx 1$) можна записати:

$$\overline{|S(\lambda, \theta)|^2} = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N f(a_i) * [|S_1(\lambda, \theta, a_i)|^2 + |S_2(\lambda, \theta, a_i)|] \quad (2.31)$$

де N – загальне число зважених частинок в розчині;

a_i – радіус i -тої частинки;

$f(a_i)$ – функція розподілу частинок за радіусами.

Для середовищ із значними оптичними неоднорідностями, до яких можна віднести соняшникову олію із наявними в ній супутніми мілкодисперсними речовинами та домішками, у якості інформативної оптичної характеристики можна використати відношення [36]:

$$R = \frac{1}{l} \frac{P_{\varsigma_1 \varsigma_2}(\lambda)}{P_0(\lambda)}, \quad (2.32)$$

де $P_{\varsigma_1 \varsigma_2}$ – потужність випромінювання, розсіяного в інтервалі малих кутів $\theta_1 < \theta < \theta_2$, P_0 – потужність (потік) падаючого випромінювання.

Враховуючи, що збір розсіяного випромінювання здійснюється в інтервалі тілесних кутів $\Omega_1 < \Omega < \Omega_2$, середній переріз розсіювання в цьому інтервалі буде [38, 40]:

$$\sigma_{\Omega_1, \Omega_2}(\lambda) = \int_{\Omega_1}^{\Omega_2} \frac{d\sigma(\lambda, \Omega)}{d\Omega} d\Omega, \quad (2.33)$$

Якщо розсіювання проходить на скупченні частинок, укладеному в об'ємі, наприклад, при проходженні паралельного пучка через кювету з рідиною, що містить розсіюючі частинки. Тоді загальна кількість частинок, на яких відбулось розсіювання буде становити [5, 13]:

$$T = nSl, \quad (2.34)$$

де n – число частинок в одиниці об'єму;

l – довжина оптичного шляху в кюветі.

З виразів 3.13-3.16 слідує, що розмірний радіус мілкодисперсної частинки можна знайти за рівнянням 3.17:

$$R(\lambda) = \overline{\sigma_{\Omega_1 \Omega_2}}(\lambda) n, \quad (2.35)$$

де $\overline{\sigma_{\Omega_1 \Omega_2}}$ – переріз розсіювання світлового потоку відбитого від часток в

інтервалі $\Omega_1 < \Omega < \Omega_2$, усереднене по всім частинкам. Таким чином, приведений коефіцієнт розсіювання залежить тільки від параметрів розсіюючих частинок – середнього перерізу розсіювання у заданому інтервалі кутів і числа частинок в одинці об'єму (концентрація). Істотно, що він не залежить від яких-небудь параметрів вимірювальної установки, зокрема, від інтенсивності падаючого випромінювання. Тому при дослідженні спектрів малокутового розсіювання зручно вимірювати залежність від довжини хвилі саме $R(\lambda)$.

Наведений вище математичний апарат (вирази 2.24-2.35) є основою для визначення середнього розміру і об'ємної концентрації сферичних частинок в полярних розчинах, до яких відноситься соняшникова олія різного сортового складу.

2.12. Оптичні засоби контролю дисперсності розчинів

За останні роки суттєво зросла кількість доступних стандартів щодо визначення розмірів частинок, а також значно підвищився їх якісно-змістовний рівень. Документовані стандартні процедури розробляються, головним чином, комітетами організацій ISO (МОС - Міжнародна Організація по Стандартизації) і ASTM (спочатку відома як Американське суспільство по випробуванню матеріалів). Існують міжнародні стандарти для гранулометричного аналізу на основі методу лазерної дифракції, що регламентують методологію і аспекти належного контролю якості [4].

Стандарт ISO 13320 містить роз'яснення по можливостям методу лазерного дифракційного аналізу, вимоги до моделей обробки даних і відтворюваності результатів.

На сьогоднішній день в роботі дослідницьких лабораторій на підприємствах харчової промисловості використовуються лазерні аналізатори різних марок і виробників. Їх порівняльні характеристики наведені в табл. 2.1. Метрологічне забезпечення вимірювань розмірів частинок даними засобами вимірювань включає теорію методу вимірювань

або контролю, забезпечення точності і організаційно-технічні питання забезпечення єдності вимірювань, включаючи нормативно-технічні документи – державні стандарти, методичні вказівки, технічні вимоги та умови, які регламентують порядок і правила виконання робіт. У лазерній гранулометрії застосовується в основному теорія Мі, згідно із якою індикатрисса розсіювання (кутова залежність інтенсивності розсіяного світла каламутними середовищами) пов'язана із розмірами розсіюючих часток.

Таблиця 2.1

Порівняльні характеристики лазерних аналізаторів розмірів частинок

Назва	Фірма / Країна виробник	Технічні характеристики			
		Діапазон розмірів часток, мкм	Час аналізу, сек	Джерело випромінювання	Відносна похибка вимірів, %
Mastersizer 2000	Malvern / Великобританія	0,02-2000	10	Гелій-неоновий лазер, 633 нм	10,0 %
Analysette 22	FRITSCH / Германия	0,01-2000	10	Подвійний лазер, 655нм	10,0 %
Microtrac S3500	Microtrac Inc. / США	0,021-2800	10-30	Три нерухомих твердотілих лазера, 780нм	10,0 %
Horiba LA - 960V2A	HORIBA / Японія	0,01-3000	5	Лазерний діод, 650нм	10,0 %
Microtrac X100	Microtrac Inc. / США	0,12-740	15	Три діодних лазера, 780нм	20,0 %

Контроль показників дисперсності соняшникової олії у технологічних процесах її очищення є одним із об'єктів аналізу, для якого необхідний оперативний контроль розмірів частинок, їх рахункової та об'ємної концентрацій. Застосування для даних цілей лазерного дифракційного аналізатору розміру часток дозволяє проводити швидкий і точний гранулометричний аналіз (вимірювання розподілу часток за розмірами) олійних суспензій, емульсій та наявності в них супутніх речовин та домішок.

Для прикладу можна навести характеристики типового лазерного гранулометра Mastersizer 3000 призначеного для вимірів розмірних спектрів часток в діапазоні 0.01–3500 мкм в рідкій та газоподібній фазі (рис. 2.17) [34].



Рис. 2.17. Зовнішній вигляд лазерного гранулометра серії Mastersizer 3000

Технічні особливості роботи лазерного гранулометра Mastersizer 3000 наведено у таблиці 2.2 [34].

Таблиця 2.2

Технічні характеристики лазерного гранулометра серії Mastersizer 3000

Параметри	Специфікації
Аналізовані параметри	Гранулометричний склад (розмір часток)
Основні параметри	
Принцип вимірювання	Розсіювання лазерного світла (лазерна дифракція)
Аналіз	Теорія Мі, наближення Фраунгофера
Тривалість стандартного вимірювання	<10 секунд
Параметри оптичної системи	
Джерело червоного світла	Максимальна потужність 4 мВт, 632.8 нм, He-Ne лазер
Джерело синього світла	Максимальна потужність 10 мВт, 470 нм, напівпровідниковий лазер
Оптична схема	Конфігурація аналізу: зворотне Фур'є перетворення (конвергентний промінь)
Розміри часток доступних для виявлення	
Діапазон вимірювання розмірів частинок	0,01–3500 мкм

З усіх гранулометричних методів це найбільш непрямий метод, так як при математичній обробці результатів вимірювань лазерної дифрактометрії доводиться робити велику кількість припущень, значно огрублюються результати.

Лазерні аналізатори дисперсності фірми Fritsch дозволяють проводити вимірювання розмірних показників часток в рідинах і аерозолях, в діапазоні від 0,16 мкм до 1160 мкм. Порівняльна характеристика лазерних вимірювачів Fritsch показана в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Характеристики лазерних вимірювачів Fritsch серії Analysette

Вимірювальний блок	Блок диспергування у рідині	Блок сухого диспергування
NanoTec	0,01 – 1000 мкм	0,1 – 1000 мкм
MicroTec	0,1 – 600 мкм	0,1 – 600 мкм
COMPACT	0,3 – 300 мкм	0,3 – 300 мкм

Портативний лічильник частинок Horiba LA -950V2A вимірює частки розміром до 0,01 мкм завдяки використанню лазерного діоду високої когерентності (рис. 2.18).



Рис.2.18 – Зовнішній вигляд лазерного аналізатору дисперсності Horiba LA-960V2A

За допомогою комплексної математики із розподіленням інтенсивності розсіяного світла прилад дозволяє розрахувати розподілення частинок за розміром у сукупності частинок, які розсіюються. Вимірювані середні об'ємні діаметри і отримуване розподілення частинок за розміром є розподіленням за об'ємом

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Застосування люмінесцентної методики вимірювання показників якості соняшникової олії, використання відповідного інструментального забезпечення олії дозволяє проводити швидке, надійне визначення сортової та видової приналежності досліджуваного зразка, якісний та кількісний аналіз із можливістю інтеграції люмінесцентного вимірювального модулю безпосередньо у конкретний технологічний процес виробництва соняшникової олії та проведенням вимірів в режимі реального часу

Лазерні гранулометри доцільно використовувати для промислового контролю механічних мілкодисперсних часток досліджуваних рідких дисперсних систем в безперервних технологічних процесах, що має перспективи застосування в безперервних технологічних процесах очищення соняшникової олії та підприємствах олієжирової промисловості у випадку створення каналу метрологічного контролю.

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ МЕТОДИК КОНТРОЛЮ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Важливим етапом виробництва соняшnikової олії є контроль її фізично-хімічних показників в певних технологічних процесах та під час проміжного лабораторного контролю. Спираючись на сучасну елементну базу, досить ефективним є застосування неруйнівних оптичних методів контролю інформативних показників соняшnikової олії у лабораторних та виробничих умовах. Існуючі на ринку оптичні вимірювачі дисперсності дозволяють проводити реєстрацію розмірних структур в рідких і газоподібних середовищах в області 0,5-100 мкм за час порядку 0,1-1,0 с. Саме в цьому розмірному діапазоні знаходяться олійні та неолійні домішки різної хімічної природи та агрегатного стану, що спричиняють помутніння і випадання осаду при зберіганні олії та погіршують її товарні властивості.

3.1 Апробація вимірювального макету контролю дисперсності соняшnikовій олії на базі лазерного дифрактометра ВДЛ-1М

Контроль розмірних спектрів мікрогенних структур олійної дисперсної фази можна здійснювати за допомогою оптичних засобів що застосовують методи розсіяного світла, поляризації та лазерної дифракції. У випадку застосування методу лазерної дифрактометрії, у якості джерела збуджуючого випромінювання використовується монохроматичний лазерний промінь червоного або ближнього інфрачервоного діапазонів довжин хвиль (640-780 нм) що дозволяє діагностувати розмірні фракції в олійній дисперсній фазі від 0,1 до 100 мкм у всьому аналізованому об'ємі зразку [5].

Для забезпечення експрес-метрії мікрогенного стану соняшnikової олії на окремих ланках процесу її виробництва нами було застосовано лазерний вимірювач дисперсності ВДЛ-1М розроблений колективом кафедри наукових, аналітичних і екологічних приладів та систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені

Ігоря Сікорського». Даний вимірювальний засіб використовує залежність інтенсивності розсіяного лазерного випромінювання від кута розсіювання q , тобто функцію $f = I(q)$. При цьому довжина хвилі лазерного променя після розсіювання не змінюється. Має місце так зване пружне розсіювання. В основі даного дифракційного методу лежить просте співвідношення для довжини хвилі і відстані між розсіюючими частками [26].

Для отримання масиву даних що відповідає концентраціям і розмірним спектрам супутніх часток олійної природи та мілко дисперсних домішок олії на інтервалі розмірів 0,5-50 $\mu\text{м}$ нами було застосовано макет вимірювальної установки на базі лазерного вимірювача дисперсності ВДЛ-1М, оптична схема якого показана на рис. 3.1 [1, 5].

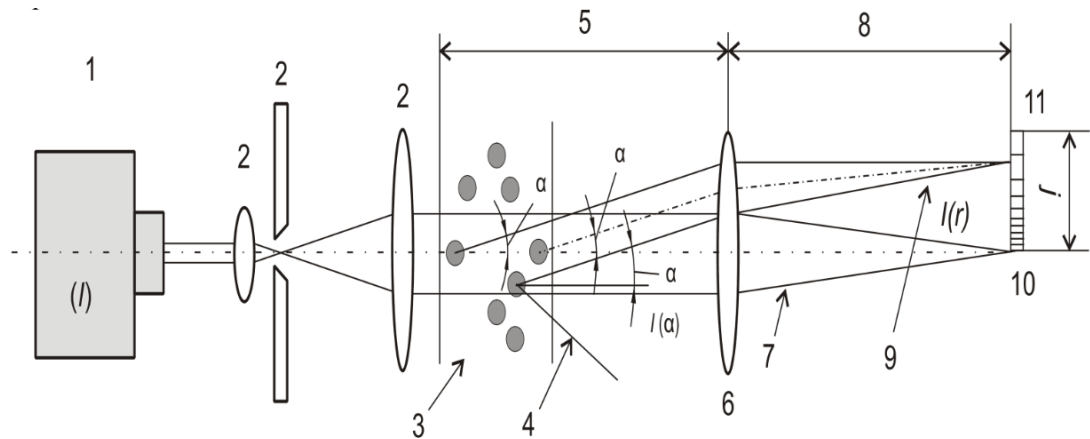


Рис.3.1. Оптична схема лазерного вимірювача дисперсності ВДЛ-1М: 1 - джерело лазерного випромінювання, 2 - модуль обробки лазерного випромінювання, 3 - частинки, 4 - розсіяне світло, не зібране лінзою (6), 5 - робоча відстань лінзи (6), 6 - лінза Фур'є, 7 - прямий промінь, 8 - фокусна відстань лінзи (6), 9 - розсіяний промінь, 10 - детектор затемнення, 11 - багатоелементний детектор [5]

Лазерна вимірювальна система дозволяє відслідковувати рівень забруднення соняшникової олії та відхилення від допустимої кількості мікрогенних часток у зразках. На основі отриманих даних з'являється можливість розрізняти природу домішок, виявляти рівні концентрацій розмірних фракцій в олійній дисперсній фазі. Вимірювач дисперсності

«ВДЛ-1М» призначений для вимірювання середнього діаметра (D_{avr}), лічильної (N_{sm}^3), об'ємної концентрації ($W\%$) малорозмірних частинок.

Розсіяне випромінювання реєструється під кутом розсіювання до 45° . Такий кут розсіювання обраний з метою мінімізації помилок у показаннях лічильників. Рахункова концентрація розраховується як кількість імпульсів (подій) n при проходженні частинок в робочому обсязі за певний період часу T . Розрахунок залежності амплітуди розсіяного випромінювання для заданого кута реєстрації від діаметра частинки (при відомому комплексному показнику заломлення матеріалу частинки і середовища) розраховували виходячи з теорії Мі/

В процесі експериментальних досліджень були проведені виміри показників дисперсності соняшникової олії на різних етапах її виробництва експериментальним вимірювальним макетом на базі лазерного вимірювача дисперсності ВДЛ-1М (рис.3.2).



Рис.3.2. Характеристичні розмірні спектри соняшникової олії на окремих етапах її виробництва.

Вимірювання проводилися шляхом реєстрації дифракційної картини лазерного променя із довжиною хвилі 768 нм що пройшла через олійну дисперсну фазу із наявними в ній твердими мілкодисперсними частками із подальшою обробкою отриманого сигналу за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення. Зразки соняшникової олії для

проведення вимірів були надані колективу кафедри НАЕПС НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» українським виробником товарної соняшникової олії у рамках договору про співпрацю.

Виміряні за допомогою лазерного дифрактометра розмірні спектри соняшникової олії на окремих етапах її виробництва (рис. 3.2) показують чітку зміну середнього діаметра (D_{avr}) та об'ємної концентрації ($W_{\%}$) малорозмірних частинок. Було встановлено, що найбільша кількість часток типових розмірів в діапазонах 5-10 та 20-35 мкм була присутня в соняшниковій олії прямого віджиму. Дані зразки соняшникової олії є найменш очищеними, містять мілко дисперсні частки лузги та сторонні не олійні домішки.

Були проведені мікроскопічні дослідження зразків соняшникової олії що пройшли рафінацію та заключну операцію відбілювання в лабораторних умовах (рис. 3.3-3.4)

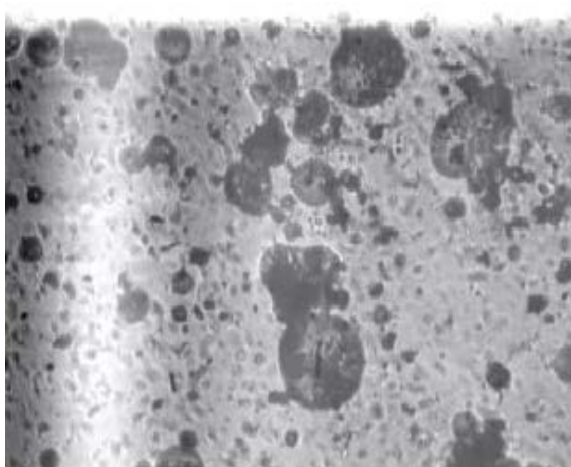


Рис. 3.3 – Соняшникова персова
першого віджиму мікроскопом до
очистки (збільшення $\times 300$)

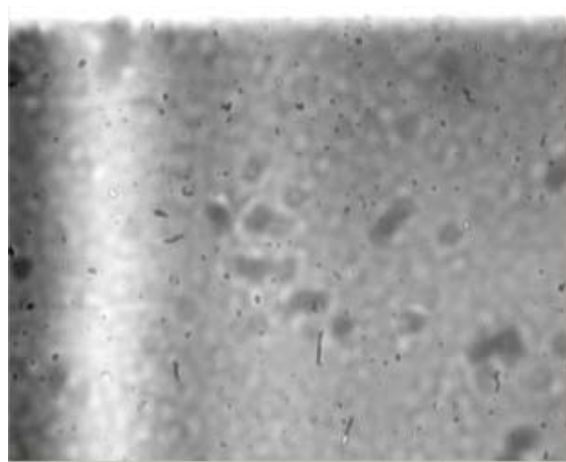


Рис. 3.4 – Соняшникова олія
рафінована гідратована (збільшення
 $\times 300$)

В результаті мікроскопічних досліджень зразків соняшникової олії були візуально виявлені агломерати супутні речовин ліпідної природи, що добре видно на рис. 3.3. Після проведення стадійної очистки соняшникової олії в процесі рафінації було отримано дисперсну олійну систему без наявності сторонніх включень

В процесі проведення послідовних операцій гідратації, рафінації, дезодорації та виморожування із стадійною фільтрацією на мембранних фільтрах у кожному технологічному процесі сторонні не олійні домішки частково видаляються. Соняшникова олія гідратована рафінована виморожена містить меншу у 8 разів по об'єму кількість сторонніх домішок у розмірному діапазоні 5-50 мкм у порівнянні із олією пресовою прямого віджиму. Дисперсні характеристики зразків соняшникової олії проводилися із інтервалом в 4 хвилини.

3.2. Вимірювання дисперсності соняшникової олії в технологічному процесі рафінації

Описану в попередніх розділах технологія рафінації та дезодорації дезодорації соняшникової олії можна розбити на окремі ланки технологічного ланцюжка. Такими ланками є: гідратація; вінтеризація; нейтралізація; відбілювання. Всі ланки розділені технологічно і кожна ланка вимагає свого набору обладнання, своїх температурних режимів і апаратів очищення.

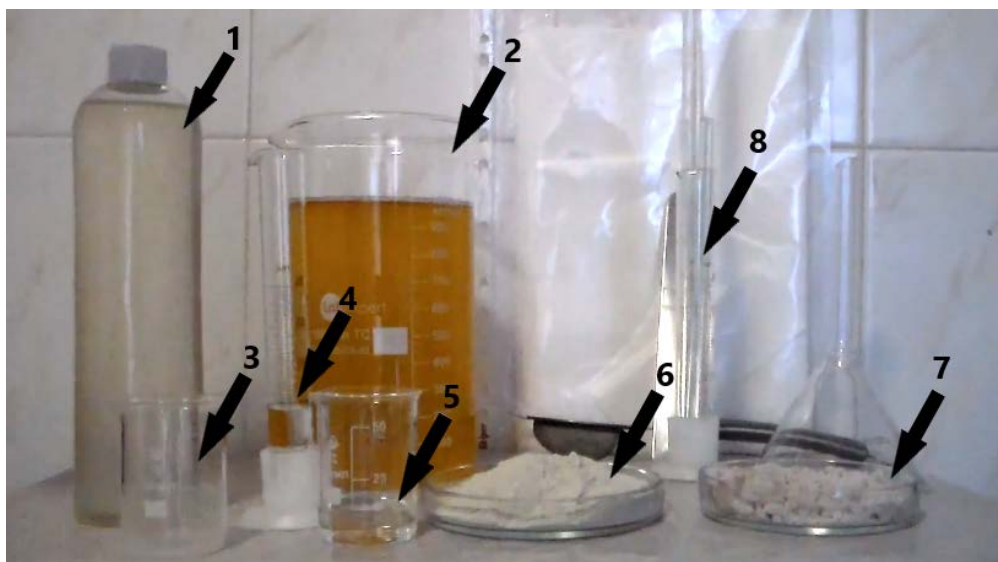


Рис.3.5 – Інструментальне обладнання забезпечення процесу прямої рафінації соняшникової олії в лабораторних умовах: 1– реагент-коагулянт 1 (РК 1); 2 – фільтрована олія; 3 – 25% розчин лугу (NaOH); 4 – вода; 5 – лимонна кислота; 6 – вибільна глина; 7 – перліт; 8 – допоміжне обладнання.

В процесі проведення всіх стадій прямої рафінації соняшникової олії супутні олійні речовини та домішки залишаються на фільтрі в фільтраті і це основна перевага перед стандартними схемами. Опис технології прямої рафінації в лабораторних умовах наведено на рис. 3.5:

1. Олію з температурою 12-15°C поміщаємо в ємність для коагуляції. Туди ж, при постійному перемішуванні подається вода, в кількості до 1%, від загальної кількості масла; реагент-коагулянт 1 (РК 1), в кількості 250 мг/ кг соняшникової олії (рис. 3.6).



Рис. 3.6 – Розчиняємо реагент-коагулянт (РК 1) у воді, перемішуємо та додаємо цей розчин в відфільтровану олію, після чого перемішуємо 30 хв

2. Перемішуємо отриману суміш на протязі 30-40 хв. В результаті відбувається процес гідратації і вінтеризації

3. Далі в отриману суміш олії і реагенту вводять розрахункова кількість 25%-го розчин лугу (NaOH) при перемішуванні з тією ж швидкістю (рис. 3.7).



Рис. 3.7 – Олійна емульсія із рочином лугу (NaOH).

4. Перемішування триває 30-40 хв.

5. Потім додається розрахункова кількість 10% -ного розчину лимонної кислоти (рис. 3.8). Перемішування триває протягом 15 хвилин



Рис. 3.8 – Лужний розчин олії після додавання лимонної кислоти.

6. Відбілювання соняшникової олії проводиться після обробки лимонною кислотою. В коагулятор при перемішуванні подається вибільна глина, в кількості 5-7 мг на кг олії. Перемішування триває 15-20 хвилин. Суміш олії та глини фільтрують на попередньо намитий перлітом фільтр. При фільтрації олія освітлюється і звільняється від глини і речовин, які обумовлюють колір, а також від гідрофузії і восків (рис. 3.9).



Рис. 3.9 – Відбілювання соняшникової олії на перлітовому порошці.

В воронку з фільтрованим папіром, де знаходиться перліт, ми заливаємо розчин який ми зробили раніше та чекаємо доки він відфільтрується. Після основного фільтру олія проходить фільтр для видалення слідів глини і перліту. В результаті отримуємо олію із кольоровим числом 7-10 мг йоду.

Перевагою даного варіанту прямої рафінації олії є можливість проведення всього процесу в одному апараті.

У іншому варіанті відбілювання, оброблена лимонною кислотою олія надходить в теплообмінник-рекуператор для підігріву до 40-50°C. Далі ми проводимо процес відбілювання олії. Для цього нам потрібна олія з температурою 50 С, залишок перліту з олією, відбілювальна глина (рис. 3.10).



Рис. 3.10 – Відбілювання соняшnikової олії при нагріванні.

Цей розчин заливаємо в воронку із залишком перліту та олії та в результаті отримуємо відбілену олію (рис. 3.11).

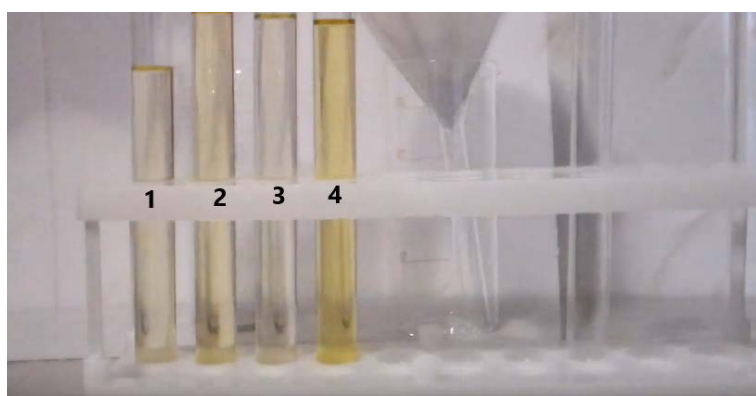


Рис. 3.11 – Зразки олії різного видового складу: 1 – відбілена олія (холодний метод); 2 – рафінована олія із магазину українського виробника; 3 – відбілена олія (гарячий метод); 4 – невідбілена соняшnikова олія.

Були проведені порівняльні виміри показників дисперсності наведених на рис. 3.11 зразків соняшnikової олії, результати яких наведені на рис. 3.12.

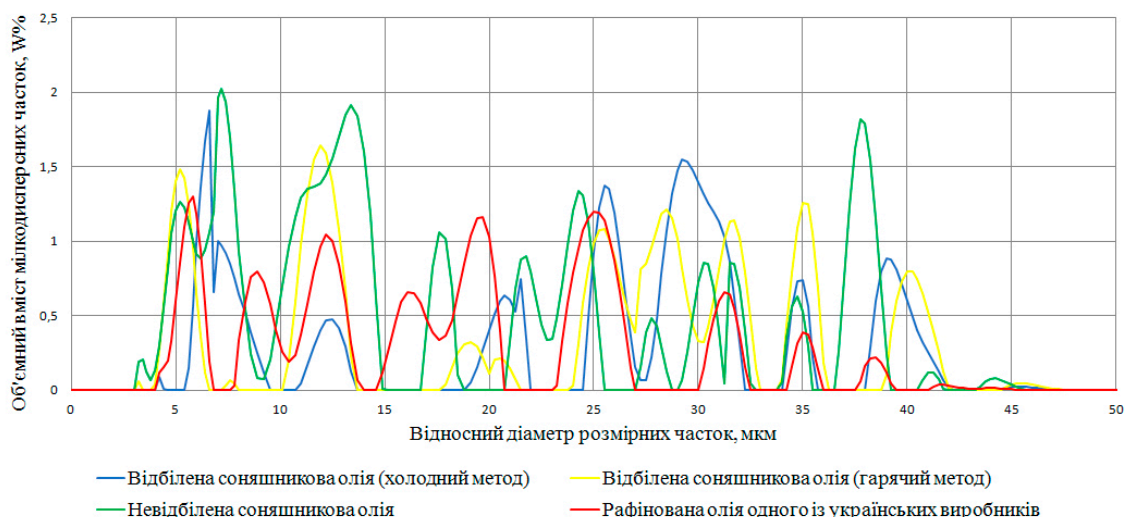


Рис. 3.12 – Характеристичні розмірні спектри зразків соняшникової олії що пройшли рафінацію за різними методами.

Наведені на рис. 3.12 показники розмірних спектрів доводять ефективність контролю рафінації соняшникової олії в лабораторних умовах та корелюють із показниками дисперсності зразку комерційної соняшникової олії (соняшникова олія рафінована виморожена дезодорована марки П).

Розмірні включення соняшникової олії після проведення лабораторних методів холодної та гарячої рафінації знаходилися в діапазоні об'ємних концентрацій (до 2% в діапазоні 5-50 мкм) що відповідають показникам промислового рафінації соняшникової олії.

Розглянутий в рамках досліджень засіб та методика контролю дисперсності соняшникової олії дозволяє проводити виміри в автономному режимі безпосередньо в окремих технологічних процесах із передачею вимірювальної інформації по віддаленим каналах зв'язку, з подальшою обробкою і аналізом даних безпосередньо в лабораторії.

Дані про розподіл розмірних спектрів у вигляді графіків і електронних карт заданого масштабу можуть виводитися після кожної робочої зміни, а також забезпечують об'єктивний контроль показників соняшникової олії в режимі реального часу. Таким чином з'являється можливість включення вимірювального засобу на основі лазерного вимірювача дисперсності ВДЛ-1М безпосередньо у технологічний процес виробника.

3.3 Контроль показників люмінесценції зразків соняшникової олії в технологічному процесі очищення

Апробація вимірювального модулю для визначення спектрів люмінесценції соняшникової олії проводилися із використанням оптичної системи і окремих вузлів вимірювача «Сенсор-Л» (рис 3.13).

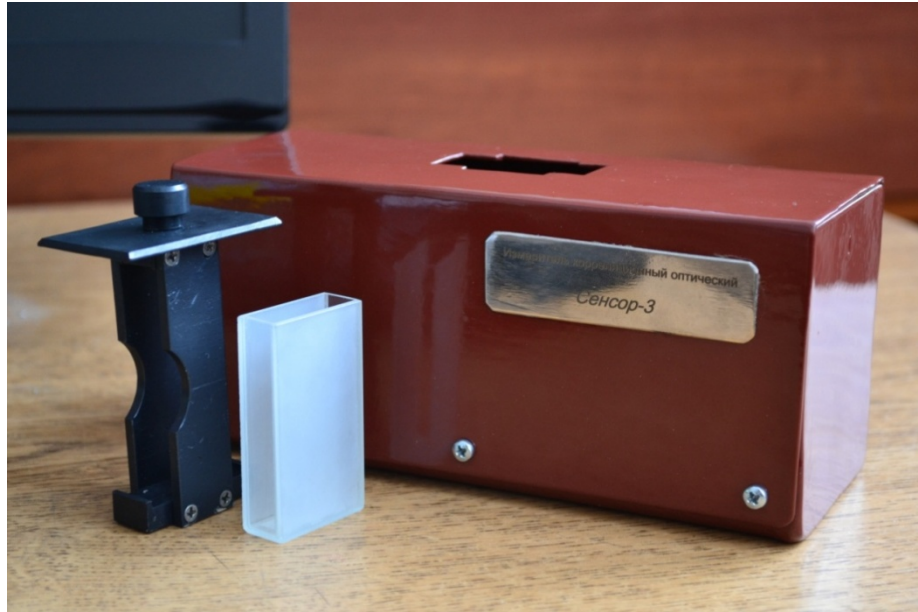


Рис. 3.13. Загальний вигляд вимірювача «Сенсор-Л» [22].

Загальну будову люмінесцентного УФ-спектрофотометру «Сенсор-Л», можна представити у вигляді блок-схеми (рис. 3.13):

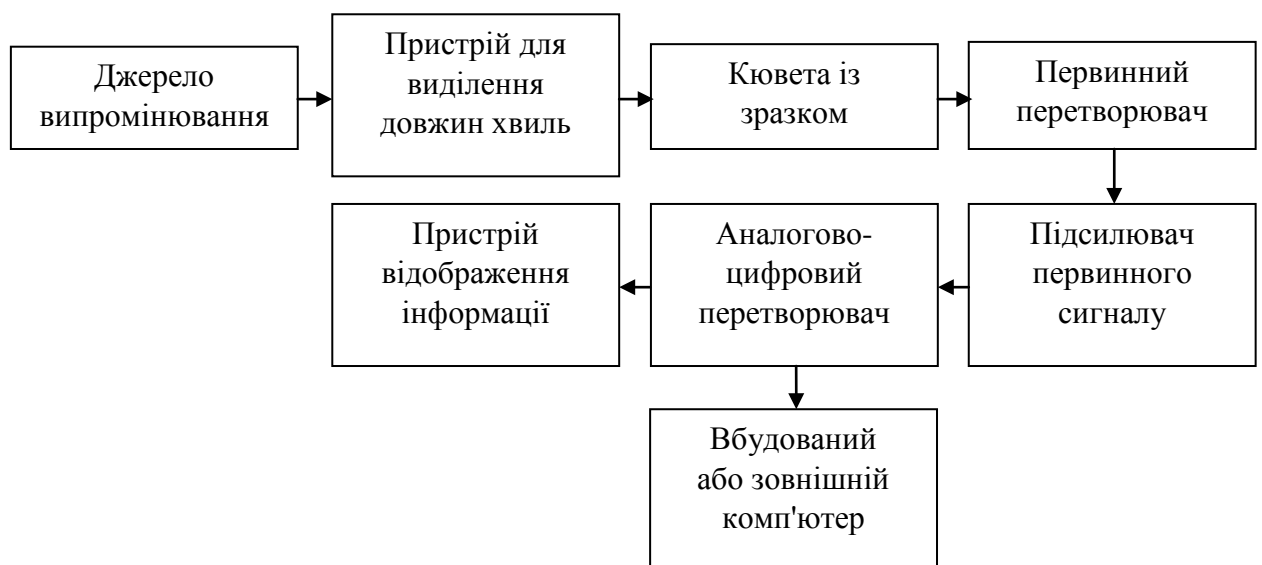


Рисунок 3.14. Структурна схема люмінесцентного УФ-спектрофотометру «Сенсор-Л»

Даний вимірювальний засіб використовує метод визначення нітратів і нітритів у водах з використанням газової екстракції діоксиду азоту та детективації по світлу розчину люмінолу, має межі виявлення нітратів в розчинах $0,03 \text{ мг/дм}^3$ (рис. 3.15) [19].

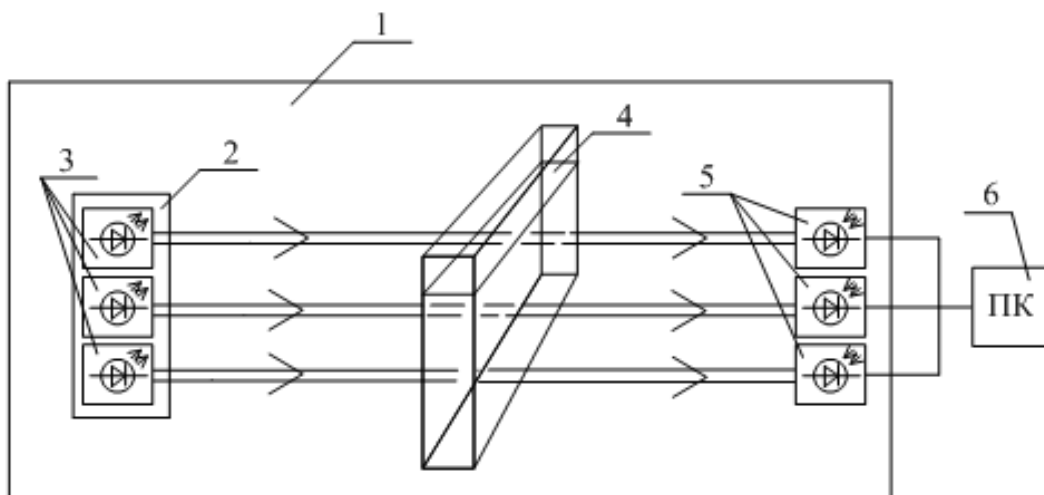


Рис. 3.15. Схематичне зображення пристрою для фотометричного визначення нітратів: 1 – корпус пристрою; 2 – модуль з джерелом УФ-випромінювання; 3 – УФ-світлодіоди; 4 – кювета; 5 – фотоприймачі; 6 – модуль обробки (ПК) [19].

Представлений дослідний зразок пристрою для визначення концентрації нітратів (рис. 3.14) включає корпус з установленими всередині модулем з джерелом УФ-випромінювання на трьох довжинах хвиль, кюветою та модулем із фотоприймачами. Обробка результатів вимірювань дозволяє визначити концентрацію тих домішок, на які налаштовано прилад, та передавати інформацію на віддалений пункт збору інформації.

В розглянутому пристрої використано УФ-випромінювач (1) з робочою вихідною потужністю 800 мВт в області 60 градусів, оптична формуюча система – короткофокусний об'єктив (2), кварцова кювета (3) з оптичним ходом до 10 мм. Реєстрація квантового відгуку люмінесценції здійснюється за допомогою напівпровідникового малошумного фотоприймача TEMD5080X01 фірми «Vishay» (5) з аналого-цифровою обробкою (6). Даний вимірювач дозволяє використання обрізуючих світлофільтрів УФ- та

видимого діапазону довжин хвиль. Використання світлофільтрів для вимірювання люмінесценції забезпечує більш чистий спектр і відповідно достовірний результат вимірювання. Схематичне зображення оптико-механічного модуля для люмінесцентної спектрофотометрії зображено на рис.3.16.

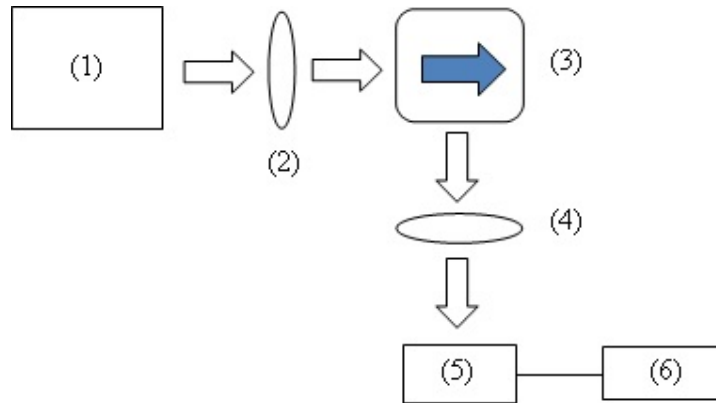


Рис 3.16 – Функціональна схема 1-го каналу вимірювача «Сенсор-Л»

Фотодіодний приймач EMD5080X01 є монолітним фотодіодом із можливістю підключення трансімпедансного підсилювача на виході. Комбінація фотодіода і підсилювача усуває високочастотні шуми, і дозволяє отримати прокращення частотної характеристики внаслідок усунення паразитних ємностей. Вихідна напруга лінійно збільшується з інтенсивністю світла. Підсилювач призначений для роботи із одним або із двома джерелами живлення.

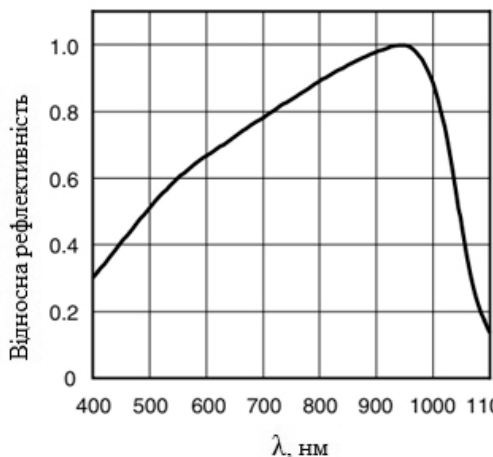


Рис. 3.17 – Спектральна чутливість фотодіоду EMD5080X01.

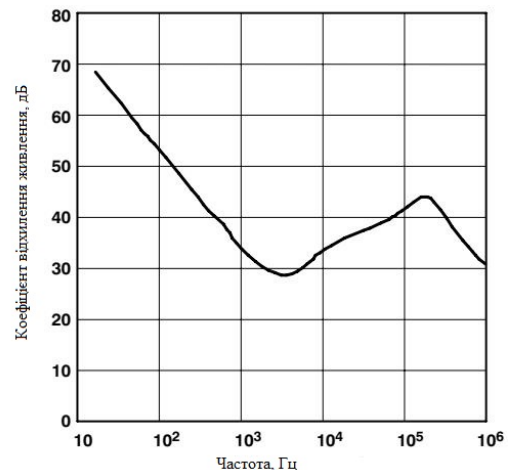


Рис. 3.18 – Коефіцієнт частотних спотворень фотодіодного детектору.

Розрізняють два режими роботи ФД: фотодіодний - зі зворотним зміщенням і фотогальванічний чи вентильний – без зовнішнього джерела живлення [15].

В фотодіодному режимі фотодіод працює в режимі фотопровідності, забезпечуючи добру лінійність характеристик і низьке значення темнового струму. EMD5080X01 працює з напругами від 1,8 В до 5 В і його темновий струм становить всього 100 нА. Діапазон напруг на виході фотодіодного детектору при включенні в фотодіодному режимі становить 1,4-3,2 В. Температурний діапазон роботи фотодіодного приймача становить від 0°C до 70°C.

Найчастіше вживаний на практиці фотодіодний режим роботи застосовується як з реєстраторами постійного, так і змінного струму. У нашому випадку використано ФД EMD5080X01 із малим темновим струмом, що дозволяє виключити додаткові пристрої компенсації темнового струму та його значний температурний дрейф таким чином використано схему реєстрації вимірювального сигналу по напрузі показану на рис. 3.19, а.

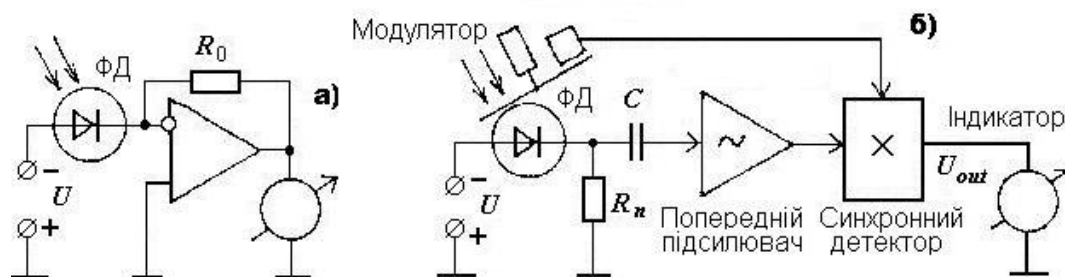


Рис. 3.19 – Схеми включення ФД у фотодіодному режимі: а) – за постійним струмом, б) – з використанням модулятора [15].

Проведений якісний люмінесцентний аналіз зразків соняшникової олії різного сортового складу та технології виготовлення заснований на порівнянні форми спектрів досліджуваної суміші речовин із формою спектра індивідуальних сполук, які можуть входити до складу досліджуваної суміші. Для ідентифікації флуоресціюючих речовини найбільше значення мають положення максимуму, наявність та характер тонкої структури спектрів, півсмука флуоресценції. Важлива особливість флуоресценції суміші

декількох з'єднань полягає в тому, що спектр суміші змінюється при зміні довжини хвилі збудження, оскільки при різних довжинах хвиль можуть переважно збуджуватися різні сполуки.

Із загального числа поглинених фотонів частина, рівна квантовому виходу флуоресценції η , висвітиться зразком в різних напрямках і в усій спектральній області люмінесценції. З світлового потоку за допомогою світлофільтрів або монохроматора можна виділити і сфокусувати на приймач світла світловий потік, який буде зареєстрований в вигляді фотоструму:

$$I_{\text{люм}} = I_0 K \cdot (1-T) \cdot \eta. \quad (3.1)$$

Таким чином, інтенсивність люмінесценції $I_{\text{люм}}$ пропорційна інтенсивності збуджуючого світла I_0 , квантовому виходу люмінесценції η , коефіцієнту поглинання світла $(1-T)$. Коефіцієнт пропорційності K залежить від тілесного кута, в межах якого зібрано світло люмінесценції, ширини спектру що обрізається монохроматором або світлофільтром спектральної області пропускання монохроматора або світлофільтру і чутливості приймача світла (рис. 3.19).

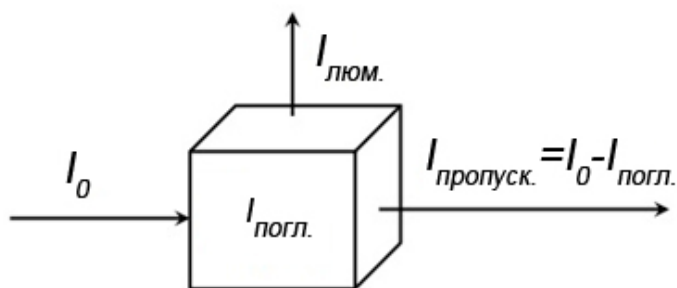


Рис. 3.20 – Схема збудження люмінесценції в досліджуваних сполуках.

Якщо збудження люмінесценції здійснюється монохроматичним світлом, яке виділяються за допомогою монохроматора, то з'являється можливість виміряти залежність інтенсивності люмінесценції від довжини хвилі збуджуючого світла.

Були проведені порівняльні виміри характеристичних спектрів люмінесценції соняшникової олії на різних технологічних етапах її виробництва (рис. 3.21). Були застосовані зразки олії пресової першого

віджиму неочищеної, та зразки олії що пройшли етапи стадійної рафінації. Показники дисперсності даних зразків було наведено на рис. 3.2.

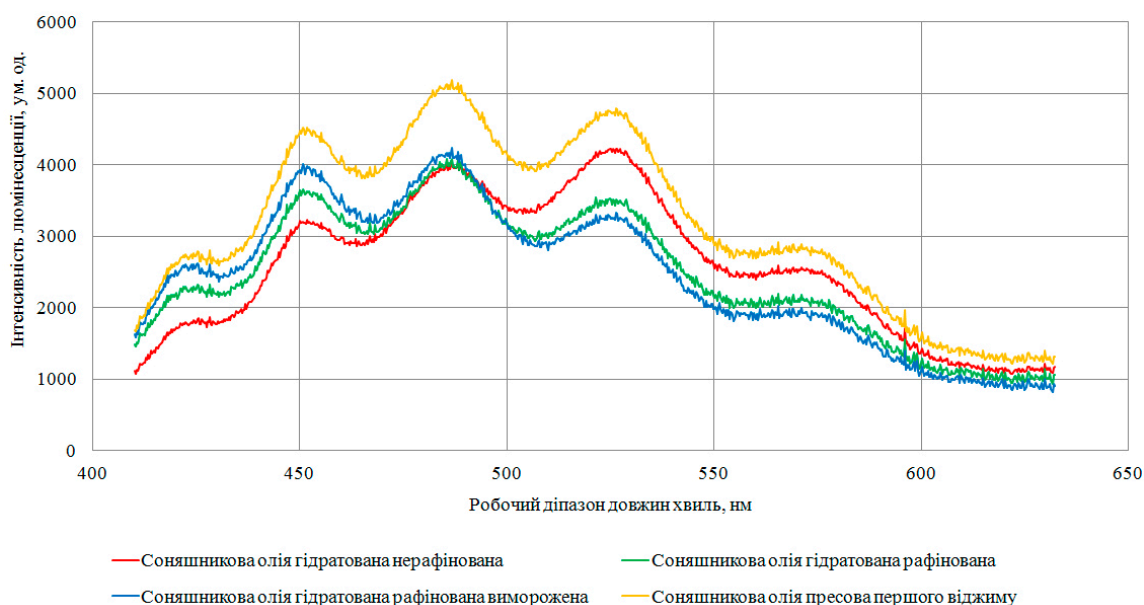


Рис. 3.20 – Характеристичні спектри люмінесценції зразків соняшникової олії на різних етапах технологічного процесу виготовлення.

Вимірювання проводилися за допомогою напівпровідникового малощумного фотоприймача TEMD5080X01 фірми «Vishay» вимірювальним модулем на базі люмінесцентного вимірювача «Сенсор-Л». Інтенсивність люмінесценції вимірювалася в одиницях пропорційності, що відповідали зміні значення напруги на виході фотодетектора ($10 \text{ од. інт.} = 0,03 \text{ В}$) в робочому діапазоні фотодетектора $U = 5,0\text{--}35,0 \text{ В}$, при темновому струмі фотодетектора 15 мА та частотному діапазоні роботи $f_{\text{роб.}} = 10\text{--}10^3 \text{ Гц}$. В даному випадку увесь відносний динамічний діапазон можливих значень напруги на виході фотодетектора складав 10000 відносних одиниць.

Характеристичні спектри квантового виходу люмінесценції зразків мають чіткі відмінності в системі координат «інтенсивність люмінесценції – робочий діапазон довжин хвиль». Дана методика доцільна до застосування у випадку визначення сортових відмінностей зразків соняшникової олії у вибраних технологічних процесах, в умовах реального часу на виробництві, та при визначенні інформативних показників соняшникової олії під час лабораторних вимірювань у міжвиробничих циклах.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Було проведено кількісні виміри показників дисперсності зразків соняшникової олії різного якісного та кількісного складу. Проаналізовано методи та інструментальні засоби контролю розмірних фракцій олійної дисперсної фази засновані на дифракції лазерного випромінювання, отримання даних про розмірні спектри, концентрацію, середній розмір мілко дисперсних часток в соняшниковій олії (олійних супутніх речовин та домішок). В результаті прямих вимірів показників дисперсності зразків соняшникової олії вимірювальним макетом на базі лазерного вимірювача дисперсності ВДЛ-1М було отримано дані про розподіл розмірних спектрів у вигляді характеристичних графіків. Розмірні включення соняшникової олії після проведення лабораторних методів холодної та гарячої рафінації знаходилися в діапазоні об'ємних концентрацій (до 2% в діапазоні 5-50 мкм) що відповідають показникам промислового рафінації соняшникової олії.

Розроблена в рамках дипломного проекту методика вимірювання характеристичних спектрів люмінесценції зразків соняшникової олії на різних етапах її виробництва дозволяє проводити сортовий та видовий аналіз соняшникової олії, визначати відповідність отриманого в конкретному технологічному процесі продукту умовам виробництва.

Розглянутий в рамках досліджень засіб та методика контролю якості показників соняшникової олії дозволяє проводити виміри в автономному режимі в окремих технологічних процесах із передачею вимірювальної інформації по віддаленим каналах зв'язку, з подальшою обробкою і аналізом даних безпосередньо в лабораторії.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ОЧИЩЕННЯ»

Виробництво рослинних олій є однією із провідних галузей харчової промисловості. В даний час існує необхідність в отриманні високоякісних рослинних олій відповідно до чинних в Україні ДСТУ. Технологія отримання соняшnikової олії передбачає в якості обов'язкової операцію відділення покривних тканин від ядра насіння.

Існуюча технологія обрушення насіння соняшнику не гарантує повного відділення покривних тканин, і ядро, яке надходить на пресову обробку, завжди містить значний відсоток плодової оболонки. Неможливість чіткого поділу ядра і лушпиння веде до втрат олії у виробництві, до того ж лузга потрапляє в шрот, що негативно впливає на якість олії і шроту.

Контроль однорідності (дисперсності) соняшnikової олії у виробничому процесі є важливим етапом забезпечення відповідності виробленого продукту вимогам ДСТУ, та може включати контроль наявності домішок неолійної природи (сміття, частки лузги насіння, залишки фільтрувальних глин та суспензій) та мікрогенних олійних твердих включень (воски, парафіни, стерини, та ін) [2].

4.1 Опис ідеї проекту

Спираючись на сучасну елементну базу, досить ефективним є застосування неруйнівних оптичних методів контролю інформативних показників соняшnikової олії у лабораторних та виробничих умовах.

Існуючі на ринку оптичні вимірювачі дисперсності дозволяють проводити реєстрацію розмірних структур в рідких і газоподібних середовищах в області 0,5-100 мкм за час порядку 0,1-1,0 с. Саме в цьому розмірному діапазоні знаходяться олійні та неолійні домішки різної хімічної природи та агрегатного стану, що спричиняють помутніння і випадання осаду при зберіганні олії та погіршують її товарні властивості.

Люмінесцентний аналіз здійснюється в основному за допомогою візуальних спостережень (або із застосуванням телеметричних засобів).

Даний метод застосовують для кількісного визначення поліциклічних органічних сполук, вітамінів, білків, нітратів, сульфідів, ціанідів, токсичних металів у складі харчових продуктів (молоці, м'ясі та рибі), для діагностики псування овочів, плодів і виявлення в продуктах консервантів, лікарських препаратів, канцерогенних речовин та ін.

Розробка конкурентоспроможної методики отримання соняшникової олії є особливо актуальною. Це обґрунтовує вибір теми і актуальність дослідження, а також повністю відповідає вимогам державної політики в області розробки нових продуктів харчування з функціональними властивостями. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту який має на меті визначити чи наш продукт має шанси вийти на ринок і конкурувати з продуктами які вже зайняли на ньому своє місце.

У таблиці 4.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 4.1.

Опис ідеї стартап проекту.

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка вимірювальної технології контролю розмірних структур присутніх в соняшниковій олії із паралельним вимірюванням органічної показників люмінесценції вибраних зразків	Визначення наявності домішок та їх відносних концентрацій в продуктах харчування, питній воді, лікарських засобах під час виробництва та в процесі зберігання.	Впевненість в складі продуктів.
	Контроль наявності вибраних хімічних сполук (синтетичних та натуральних барвників нітратів, сульфідів, стабілізаторів) у виробничому циклі певного харчового продукту	Забезпечення себе від можливого негативного впливу небезпечних речовин, надмірних концентрації дозволених до застосування домішок в харчових продуктах та органічній сировині.
	Контроль наявності небезпечних домішок у продуктах контролюючими державними лабораторіями та	

Серед основних конкурентів на ринку можна виділити: лічильник частинок АЗ-10, переносний лічильник частинок TSI AEROTRAK 9306, лічильник частинок TSI AEROTRAK 9110, портативний лічильник частинок TSI AEROTRAK 9350-9550, лічильник частинок KANOMAX 3900.

Таблиця 4.2.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

№ п/ п	Техніко- економічні характерис- тики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (ней- тральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конку- рент1	Конку- рент2	Конку- рент3			
1.	Вартість приладу,	22500	54200	41100	93000	-	-	+
2.	Швидкість встановлення	5	15	10	25	-	-	+
3.	Вартість обслуговуван ня	2800	5300	4800	6500	-	-	+
4.	Відсоток браку	2	1	1	1	+	-	-
5.	Затрати на виробництво	Сере- дні	Сере- дні	Низькі	Сере- дні	-	+	-
6.	Відносини з органами державної влади	Добрі	Добрі	Добрі	Ней- тральні	-	+	-
7.	Торгова марка	Немає	Є	Є	Є	+	-	-

Отже, пропонується прилад , що дозволить визначати масову частку жиророзчинних вітамінів групи А та D в соняшниковій олії люмінесцентним методом. І один з вирішальних факторів це те, що прилад дозволить контролювати технологічних процес виробництва олійних масел, заради оптимального збагачення їх необхідними вітамінами.

На даний час існує дуже багато методів дослідження складу і властивостей олійних культур. Усі вони ґрунтуються на використанні фізичних, хімічних, біохімічних та інших ефектів взаємодії досліджуваного об'єкту з вимірювальними засобами.

Завдання зробити прилад доступним для широкого використання у експрес-метрії, зменшити його вартість та тривалість вимірювань.

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 4.2).

Для формування конкурентоспроможності запропонованого товару на ринку визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології (методу визначення), за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту. До розгляду пропонуються методи та засоби реалізації доступні авторському колективу враховуючи бюджет створення вимірювача та його прогнозовану рентабельність у випадку малосерійного (до 10 од. в рік) виробництва. Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3..

Технологічна здійсненність ідеї проекту.

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Розробка інформаційно вимірювальної технології для контролю розмірних включень та характеристичних спектрів люмінесценції соняшникової олії в технологічному процесі очищення	Розробка приладу для контролю розмірних включень та характеристичних спектрів люмінесценції соняшникової олії в технологічному процесі очищення метдом малокутового розсіяння	Метод визначення на якому побудований прилад відкритий	Метод доступний
2.	Розробка інформаційно вимірювальної технології для контролю розмірних включень та характеристичних спектрів люмінесценції соняшникової олії в технологічному процесі очищення	Розробка приладу для контролю розмірних включень та характеристичних спектрів люмінесценції соняшникової олії в технологічному процесі очищення метдом аналізу раманівських спектрів зразків	Метод визначення на якому побудований прилад відкритий	Метод малодоступний
3.	Розробка інформаційно вимірювальної технології для контролю розмірних включень та характеристичних спектрів люмінесценції соняшникової олії в технологічному процесі очищення	Розробка приладу для контролю розмірних включень та характеристичних спектрів люмінесценції соняшникової олії в технологічному процесі очищення метдом лазерної дифрактометрії та люмінесцентної спектрофотометрії.	Метод визначення на якому побудований прилад відкритий	Метод доступний
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Розробка приладу для контролю розмірних включень та характеристичних спектрів люмінесценції соняшникової олії в технологічному процесі очищення метдом лазерної дифрактометрії та люмінесцентної спектрофотометрії.				

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що наш проект можна реалізувати за допомогою більшості методів, які доступні на даний момент, але серед доступних нам ми обираємо метод розробки приладу для контролю розмірних включень та характеристичних спектрів люмінесценції соняшникової олії в технологічному процесі очищення методом лазерної дифрактометрії та люмінесцентної спектрофотометрії.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Це дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	225000 (10x22500)
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Патентування продукту, середня конкуренція, високий показник якості обслуговування.
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ EN 61326-2-1:2016 ДСТУ EN 61010-2-033:2017 ДСТУ EN 61010-2-201:2017
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	71%

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 4.5).

Таблиця 4.5.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Спрощення контролю розмірних включень та характеристичних спектрів люмінесценції соняшникової олії в технологічному процесі очищення метдом лазерної дифрактометрії та люмінесцентної спектрофотометрії.	Промислові підприємства, які займаються виготовленням олійної продукції з соняшникових культур . Підприємства, які реалізують продукцію на території держави, або купують її для експорту.	Технічні стандарти які встановлюються на підприємствах. Після купівлі нашого засобу вимірювань з інтегрованим програмним забезпеченням клієнт може користуватися нею при розрахунках на протязі вказаного періоду після чого йому доведеться продовжити договір з продавцем.	<p>- до продукції</p> <p>Невеликі розміри приладу.</p> <p>Можливість проведення експрес аналізу.</p> <p>Невелика чутливість приладу до зовнішніх чинників.</p> <p>Можливість виведення результатів на комп'ютер.</p> <p>Безперебійна робота приладу.</p> <p>Зрозуміле управління приладом.</p> <p>Великий термін експлуатації.</p> <p>- до компанії-постачальника</p> <p>Відповідність приладу заданим характеристикам.</p> <p>Можливість технічної підтримки при виникненні перебоїв в роботі приладу.</p> <p>Ввідний інструктаж по роботі з програмним забезпеченням.</p>

При купівлі даного продукту клієнт може зіткнутися з певними проблемами. Для їх попередження і швидкого виправлення необхідні створення та доставка якісного приладу, наявність висококваліфікованих працівників для роботи із засобом вимірювань, та забезпечення сприятливих умов роботи з вимірювальним засобом на об'єкті замовника для своєчасного усунення можливих технічних проблем в роботі вимірювального засобу. (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6.

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренція	Можливість появи на ринку іноземних аналогів з кращими характеристиками і нижчою ціною.	Вивчення продукції конкурентів та вдосконалення своєї, для задоволення всіх потреб користувачів.
2.	Інфляція	Зміна курсу гривні, за рахунок чого можуть зменшитися продажі	Реалізація продукту в більш стабільній (іноземній) валюті та моніторинг економічної ситуації в країні
3.	Наявність іноземної агресії на сході України	Може вплинути на коло потенційних покупців.	Пошук нових клієнтів на міжнародному ринку
4.	Постачання	Проблема з фірмами постачальниками	Зміна політики розповсюдження продукту
5.	Технічний	Збої в роботі програмного забезпечення приладу.	Спрощення алгоритмів налаштування або впровадження постійної підтримки кваліфікованих техніків

Наявність певних загроз реалізації продукції дозволить нам вчасно вдосконалювати прилад та завжди бути в курсі всіх наукових новинок та економічної ситуації в країні. Окрім певних загроз, ми маємо ряд переваг та можливостей. Оптимізація компонентів та модулів інформаційно-вимірювальної системи для подальшого мілкосерійного виробництва. Пошук можливостей заміни високодефіцитних компонентів або компонентів з високою вартістю на їх більш доступні аналоги із забезпеченням необхідних параметрів точності, надійності та швидкодії (таблиця 4.7).

Таблиця 4.7.

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Науково-технічні	Зміниться технологія виготовлення товару.	Впровадження більш економічно вигідних методів, що дозволять зменшити собівартість приладу.
2.	Попит	Збільшення попиту на товар на ринку.	Збільшення продажів, а відповідно і прибутків компанії
3.	Економічні	Політика протекціонізму; підтримка інноваційного виробництва.	Підвищення/пониження ціни на продукт; зменшення податкового тиску
4.	Політико правові	Може вплинути на купівлю/продаж товару.	Зміна напрямків імпорту
5.	Екологія	Підвищення зацікавленості людей впливу різних речовин і продуктів на навколишнє середовище.	Реклама своєї продукції яка допомагає виявити підприємства які мають попит на товар.

Таблиця 4.8

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції	Олігополія	Можливість домовленості з іншими олігополістами для отримання взаємної вигоди
2. Рівень конкурентної боротьби	Національний	Вдосконалення продукту і пошук можливості виходу на міжнародний ринок
3. За галузевою ознакою	Міжгалузева	Розширення ринку за рахунок збільшення попиту
4. Конкуренція за видом товарів	Товарно-видова	Вдосконалення та реклама для показу переваг
5. За характером конкурентних переваг	Нецінова	Вдосконалення свого продукту і при цьому невелике зменшення цін відносно конкурентів
6. За інтенсивністю	Не марочна	Розробка бренду і його активна реклама

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 4.9

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	На даний момент на ринку присутні 3 прямі конкуренти, які займаються виготовленням даного обладнання.	Потенційним і конкурентам і є іноземні компанії які згодом можуть вийти на наш ринок. Патенти на продукти. Законодавчі обмеження. Гнучкі ціни.	Постачальникам і є інтернет магазини який займаються розповсюдженням програмного забезпечення для контролю домішок в олії Диференціація витрат. Концентрація постачальників. Значення розміру поставок	Основними клієнтами є підприємства легкої промисловості. Розмір закупівель. Система інформації. Прибутки. Контроль якості.	Компанія володіє доволі сильною пропозицією, максимальна схожі доступні аналоги практично відсутні
Висновки:	Проводити аналіз конкурентних пропозицій, працювати над зниженням собівартості.	Високий ризик входу нових гравців, адже вхідні бар'єри є не дуже високими. Потенційних конкурентів немає	Так як концентрація постачальників доволі висока вони не диктують умови роботи на ринку.	Для клієнтів все вагомим є питання ціни, вони хочуть платити менше. Для задоволення їх потреб потрібно розробляти нові пропозиції і підтримувати якість продукту	Підтримувати хороші позиції на ринку та конкурентну перевагу, розробляти нові види товарів

Провівши аналіз факторів робимо обґрунтування про можливість конкурентоспроможності. Точна оцінка конкурентоспроможності можлива лише після впровадження приладу, тому робимо лише попередню оцінку конкурентоспроможності.

Таблиця 4.10

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Підтримка зворотного зв'язку з клієнтами, усунення виникнутих проблем при роботі, вдосконалення приладу, а відповідно збільшення попиту на продукт, що в результаті дозволить знизити ціну.
2	Велика кількість постачальників	Наявність приладу та своєчасна доставка продукту клієнту.
3	Висока якість	Висока якість і точність приладу, яка дозволяє клієнту отримувати максимально точний результат вимірювань.
4	Технічна підтримка	Наявність досвідчених спеціалістів, які зможуть швидко вирішити будь яку проблему в роботі приладу.
5.	Наявність патентів	Наявність патенту на приладу, це дає споживачу впевненість в тому що він купує сертифікований продукт

Таблиця 4.11

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін приладу

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з нашим приладом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Наявність патентів	16	+						
2	Велика кількість постачальників	15				+			
3	Висока якість	17	+						
4	Технічна підтримка	19		+					
5.	Ціна	14							+

З таблиць 4.10 та 4.11 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні контролю розмірних включень соняшникової метдом лазерної дифрактометрії. Основною перевагою та головним досягненням є висока якість продукту та технічна підтримка на протязі всього терміну його використання споживачем.

Таблиця 4.12

SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <p>За наявності патентів споживач впевнений в якості отриманого продукту.</p> <p>За рахунок хорошої підтримки ми закріплюємо свої позиції на ринку.</p> <p>Завдяки високій якості продукту приваблюються нові клієнти.</p>	<p>Слабкі сторони:</p> <p>Так як на ринку багато постачальників, у клієнтів багатий вибір продукту, компанії необхідно проводити рекламу свого продукту і збільшувати кількість його постачальників.</p> <p>За рахунок високої ціни клієнти обирають більш дешевий продукт, що призводить до втрати потенційного заробітку.</p>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зміниться технологія виготовлення товару. 2. Збільшення попиту на товар на ринку. 3. Політика протекціонізму; підтримка інноваційного виробництва. 4. Може вплинути на купівлю/продаж товару. 5. Підвищення зацікавленості людей впливу різних речовин і продуктів на навколишнє середовище. 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Можливість появи на ринку іноземних аналогів з кращими характеристиками і нижчою ціною. 2. Зміна курсу гривні, за рахунок чого можуть зменшитися продажі 3. Може вплинути на коло потенційних покупців. 4. Проблема з фірмами постачальниками. 5. Збої в роботі приладу.

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

Таблиця 4.13

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Висока	1 рік
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Висока	1 рік
3	Стратегія виходу з ринку	Низька	1 рік

З зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 4.14

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
	Промислові компанії	Зазначатиметься готовністю підприємств піти на додаткові витрати пов'язані з вдосконаленням приладу та розширення його функціональних можливостей.	Залежатиме від рівня та від темпу розвитку економіки взагалі і галузі споживача зокрема	Середня	Середні бар'єри входу на ринок
	Державні установи контролю якості продукції.			Середня	Середні бар'єри входу на ринок
	Інститути, вчені яких проводять дослідження в даній області			Середня	Середні бар'єри входу на ринок
Які цільові групи обрано: Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати із промисловими компаніями.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали цільові групи, для яких будемо пропонувати свій прилад та визначили стратегію охоплення ринку: стратегію диференційованого маркетингу, тому що працюємо із конкретним сегментом, розробляючи для нього програму ринкового впливу.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.15

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-проможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Підсилення сильних сторін стартапу за рахунок ринкових можливостей	Диференційований маркетинг	Якісний продукт, до якого прихильні споживачі, постійний зворотній зв'язок з клієнтами.	Стратегія диференціації

Основний акцент було зміщено в бік застосування стратегії диференційованого маркетингу, так як порівняно із аналогами присутніми на ринку вимірювального обладнання України, наш виріб може із мінімальними доробками використовуватися не тільки в лабораторних дослідах, але і бути включеним в технологічний процес конкретного виробника згідно його побажань. Таким чином, представлений вимірювальний макет може бути застосований у якості вимірювального каналу контролю показників соняшникової олії із формуванням зворотнього зв'язку. Готовий виріб комплектується із врахуванням наявного обладнання конкретного виробника.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Ні	Передбачається розвиток ринку	Ні, не буде. Буде утворено унікальну продукцію	Зайняття конкурентної ніші

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 5.17

Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	Вдосконалення продукту враховуючи побажання споживачів	Стратегія диференціації	Висока якість продукту. Формування лояльності і прихильності споживачів, підтримка вхідних бар'єрів.	Якість. Ціна. Зворотній зв'язок із виробником. Технічна підтримка.

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 4.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.18

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
	Потреба в визначенні наявності домішок в соняшниковій олії різних сортів	Отримання результатів про дисперсний склад соняшникової олії, що важко або неможливо визначити іншими пристроями або методами.	Постійна технічна підтримка. Безперебійна робота приладу. Систематизація та спрощення обробки результатів аналізу

Таблиця 5.19

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Створення приладу для контролю розмірних включень та характеристикних спектрів люмінесценції соняшникової олії в технологічному процесі очищення методом лазерної дифрактометрії та люмінесцентної спектрофотометрії. Максимально точне визначення розмірних фракцій в соняшниковій олії різного якісного та кількісного складу; Можливість експорту продуктів на міжнародні ринки, завдяки прозорості їх складу для потенційних покупців.

Продовження таблиці 4.19

II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1.Довговічність (немає строку давності)	Нм	Тх
	2. Гарантійний термін (довгий термін гарантійного обслуговування)	Нм	Е
	3.Досконалість виробничого виконання (Досконалий дизайн)	Нм	Тл
	4.Вартість обслуговування (Низька вартість обслуговування)	Нм	Вр
	Якість: відповідає ДСТУ EN 61326-2-1:2016, EN 61010-2-201:2017		
Пакування: прилад в малогабаритному корпусі із стильним дизайном запакований в коробку із зазначенням всіх характеристик приладу та його зображенням.			
Марка:			
III. Товар із підкріпленням	До придбання товару, користувач може запросити до себе спеціаліста та протестувати прилад, провівши на ньому ряд необхідних досліджень протягом одного робочого дня.		
	Після придбання товару один раз в квартал клієнта буду відвідувати спеціаліст для налаштування, калі бровки, усунення несправностей, та неточностей у роботі приладу.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Від копіювання товар буде захищено шляхом патентування коду (отримання сертифікату про інтелектуальну власність) та надання кожній проданій копію індивідуального ліцензійного коду який необхідно вводити при запуску приладу.			

Далі визначаємо цінові межі, якими необхідно користуватися при визначенні ціни продукту, щоб він користувався попитом на ринку. При аналізі цінових меж та встановленні ціни необхідно враховувати ціни на прилад, які пропонують конкуренти та доходи потенційних клієнтів. (табл. 4.20).

Таблиця 4.20

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	25 000 – 100 000 грн.	35 000 – 125 000 грн.	350 000 – 400 000 грн.	21 990-24 990 грн.

Проаналізувавши присутні на ринку портативні вимірювачі дисперсних показників полярних та неполярних розчинників можна стверджувати що медіанна ціна даних виробів складає 75 000±5 000 грн. Пропонований нами

вимірювальний засіб має значну цінову перевагу перед аналогами. Даний виріб може бути цікавий в першу чергу малим олієпереробним підприємствам прямого циклу із чистою рентабельністю на рівні 400 000 грн. за сезон.

Таблиця 4.21

Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	Покупка товару один раз	Доставка товару покупцю, його встановлення та налаштування.	Канал збуту нульового рівня	Мережа інтернет

Головним каналом збуту пропонованого вимірювального макету на базі лазерного вимірювача дисперсності ВДЛ-1М планується використати цільові ресурси мережі інтернет (профільні сайти вимірювального обладнання із можливістю безкоштовної подачі об'яв, сайти крупних вітчизняних ритейлерів промислового обладнання). Перевагою даної стратегії збуту є виключення необхідності залучення посередників. Інформація про якості пропонованого вимірювального макету, заплановані та проведені конструктивні удосконалення буде проводитися власноруч авторським колективом. Після початку продаж планується розробка та індексування власного сайту в мережі інтернет для просування вимірювального засобу для більш широкого кола користувачів.

Таблиця 4.22

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Необхідність контролю розмірних включень та	Мережа інтернет, спеціалізовані виставки, профільні конференції	Представлення пропонованих вимірювальних засобів мережі інтернет	Проінформувати клієнта про те, що за допомогою приладу стає	Хочеш знати з чого складають твої продукти – тобі до нас.

Продовження таблиці 4.22

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Характеристичних спектрів люмінесценції соняшникової олії в технологічному процесі очищення метдом лазерної дифрактометрії та люмінесцентної спектрофотометрії. Можливість експорту олійної продукції на міжнародні ринки, внаслідок наявності міжнародних дозвільних документів	Семінари, друкована продукція.	Профільні сайти мережі інтернет SEO оптимізація рекламної інформації Відгуки та рекламації клієнтів на власних сайтах	можливим максимально точно визначення сторонніх домішок та сортових якостей соняшникової олії про які замовчують постачальник и соняшнику та олійних напівфабрикатів.	Втомився вірити що використовуєш свіжу та запашну, органічну соняшникову олію, без домішок та консервантів – перевір свій товар в нас!

Результатом даного підpunkту є ринкова програма яка включає концепцію збуту, просування, аналіз ціноутворення, вона залежить від цінностей та потреб потенційних клієнтів, переваги ідеї, стан ринку на якому буде впроваджено проект на даний момент та його динаміку, та відповідну обрану альтернативу поведінки на ринку.

4.6 Висновки до розділу

Провівши детальний аналіз стартап проекту, можна зробити висновок, що даний продукт буде цікавий потенційним клієнтам і має хорошу

можливість ринкової комерціалізації. У зв'язку з хорошою динамікою ринку на розроблений продукт буде хороший попит у споживачів, і з точки зору рентабельності проект обіцяє бути дуже прибутковим. З огляду на потенційні групи клієнтів перспективи впровадження проекту є дуже високими. Але за рахунок того, що на ринку вже є присутні аналоги продукту який розробляється бар'єр входження на ринок є досить високим. Тому для успішного виходу на нього треба надати нашому продукту властивостей які будуть виділяти його серед конкурентів. На даний момент продукт є конкурентоспроможним але для підвищення довіри споживачів і формування своєї бази клієнтів необхідно:

Для забезпечення експресметрії мікрогенного стану соняшникової олії на окремих ланках процесу її виробництва було застосовано дослідний макет вимірювального засобу на базі лазерного вимірювача дисперсності ВДЛ-1М. Даний вимірювальний засіб використовує залежність інтенсивності розсіяного лазерного випромінювання від кута розсіювання q , тобто функцію $f = I(q)$. При цьому довжина хвилі лазерного променя після розсіювання не змінюється. Має місце так зване пружне розсіювання. В основі даного дифракційного методу лежить просте співвідношення для довжини хвилі і відстані між розсіюючими частками. Даний вимірювальний макет дозволив провести апробацію вимірювальної технології контролю мілкодисперсних часток соняшникової олії в технологічному процесі очищення та показав комерційну ефективність запропонованих методу і засобу.

Проведення публічної презентації результатів проекту серед цільової групи користувачів, та широкого кола науковців на профільних заходах.

Провести дієву рекламну компанію за допомогою електронних та друкованих профільних для галузі застосування засобу вимірювань видань, для зацікавлення продуктом потенційних користувачів.

Надати можливість проведення тестових вимірювань приладом на протязі серії робочих днів з можливістю залучення сторонніх фахівців для навчання персоналу замовника.

Підтримувати зворотній зв'язок з клієнтами, удосконалювати вимірювальний засіб для задоволення рекламаций клієнтів що виникли в процесі технічного обслуговування засобу вимірювань.

Довгостроковими результатами проекту є впровадження в мілко-серійне виробництво аналітичної інформаційно-вимірювальної системи контролю розмірних мікрогенних включень та характеристичних спектрів люмінесценції соняшникової олії в технологічному процесі очищення методом лазерної дифрактометрії та люмінесцентної спектрофотометрії, його розширення, а також можливість подальшого удосконалення засобу вимірювань відповідно до побажань користувачів.

ВИСНОВКИ

Метою магістерської дисертації було розробити інформаційну вимірювальну технологію контролю вибраних показників якості соняшникової олії методами та засобами лазерної дифрактометрії та флуоресцентної спектрофотометрії в технологічних процесах очищення..

У ході виконання магістерської дисертації було:

1.Зроблено аналіз фізико-хімічних показників соняшникової олії різного якісного та кількісного складу.

2. Проведено огляд технологічних прийомів та засобів очищення соняшникової олії на різних стадіях її виготовлення.

3. Досліджено характеристик малогабаритних вимірювальних засобів та інформаційних вимірювальних систем придатних для контролю мілкодисперсних розмірних фракцій органічної та неорганічної природи в соняшниковій олії.

4. Проведено огляд методик контролю об'єктивних показників якості соняшникової олії в окремих ланках технологічного процесу сучасними оптико-електронними вимірювальними засобами.

5. Зроблено порівняльну характеристика засобів флуоресцентної спектрофотометрії в контролі інформативних показників соняшникової олії різного якісного та кількісного складу на окремих етапах її виробництва.

6. Обґрунтовано доцільність розробки інформаційної вимірювальної технології контролю вибраних показників соняшникової олії методами та засобами лазерної дифрактометрії та флуоресцентної спектрофотометрії в технологічних процесах очищення.

7. Проведено комплекс досліджень відповідно до теми магістерської дисертації за допомогою вимірювального макету бази лазерного вимірювача дисперсності та модулю реєстрації квантового виходу люмінесценції досліджуваних зразків.

8. Застосування методу лазерної дифрактометрії для контролю розмірних спектрів мікрогенних структур олійної дисперсної фази дозволяє

діагностувати розмірні фракції в олійній дисперсній фазі від 0,1 до 100 мкм у всьому аналізованому об'ємі зразку. Даний метод має високу вибірковість та достатню точність вимірювань у рамках експрес-тестів, а також характеризуються відсутністю впливу на об'єкт дослідження.

9. Вимірювання характеристичних спектрів люмінесценції зразків соняшникової олії на різних етапах її виробництва показали істотні відмінності у спектральній картині зразків, що базується на відмінностях у їх якісному та кількісному хімічному складі. Кожен спектр реконструюється за допомогою лінійної комбінації значущих чинників, причому відповідні значущості служать в якості коефіцієнтів. Таким чином є можливість встановити кореляцію між значущим чинником і вимірюваними величинами екстинкції для діагностики відносного вмісту вибраних хімічних компонент у зразках соняшникової олії відповідно до технології виробництва конкретного виробника. Застосування методів та засобів люмінесцентної спектрофотометрії є дієвим засобом контролю сортових якостей соняшникової олії на виробництві.

Подальше практичне впровадження вищезазначених методів та засобів пропонується у вигляді промислового зразка вимірювального засобу, що може використовуватися у багатьох сферах харчової промисловості та державних органах метрологічного контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аппарат для измерений дисперсности Измеритель дифракционный лазерный « ИДЛ-1М ». Паспорт и руководство по эксплуатации. Киев. 2019г. – 12 с
2. Бахшиев Н.Г. Введение в молекулярную спектроскопию. Учеб. пособие. Л.: Изд.ЛГУ, 1987, 216 с.
3. Белик В.В. Физическая и коллоидная химия / В.В. Белик, К.И. Киевская. – М.: Академия, 2005. – 512 с.
4. Берштейн И. Я. Спектрофотометрический анализ в органической химии / И. Я. Берштейн, Ю. Л. Каминский. – Л. : Химия, 1975. – 232 с.
5. Гончарук В.В., Самсони–Тодоров А.О., Таранов В.В., Лесников Е.В., Чистюнин В.Ф., А.В. Сыроешкин. Устройство для определения частиц// Патентная заявка РФ № 2010130723.28(043506) от 21.07.2010.
6. Григорьянц А.Г., Коротаева М.А., Алехнович В.И., Шиганов И.Н. Инструментальные методы контроля состава и свойств полидисперсных сред. /А.Г. Григорьянц, М.А. Коротаева, В.И. Алехнович, И.Н. Шиганов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2012. – №2. – С. 51-64.
7. ДСТУ 4492:2017 Олія соняшникова. Технічні умови. URL: http://document.ua/olija-sonjashnikova_tehnichni-umovi-std38224.html (дата звернення: 16.10.2019).
8. Жиры. Химический состав и экспертиза качества / О. Б. Рудаков [и др.]. – М., 2005. – 312 с.
9. Защепкіна Н.М. Вибір експрес методик аналізу кількісних та якісних параметрів продуктів харчування із застосуванням УФ-випромінювання. /Н.М. Защепкіна, О.А. Наконечний// Вісник НТУ «ХП». Серія: Електроенергетика та перетворювальна техніка. – Х. : НТУ «ХП», 2016. – Т.1. – № 3(62). – С. 155-161.

10. Защепкіна Н.М. Сучасні методи експертизи соняшникової олії в технологічному процесі вінтеризації / Н.М. Защепкіна, М.О. Маркін, В.В. Таранов, О.А. Наконечний// Прикладні питання математичного моделювання. Херсон. – Т. 2. – № 1. – 2019 р. – с. 57-58
11. Кадонич Ж. В. Растительные масла: свойства и методы контроля качества /Ж.В. Кадонич, И.О. Деликатная, Е.А. Цветкова// Потребительская кооперация. – 2010. – № 4. – С. 78-84.
12. Кругляков П.М. Физическая и коллоидная химия /П.М. Кругляков, Т.Н. Хаскова. – М.: Высшая школа, 2007. – 284 с.
13. Крушенко Г.Г., Решетникова С.Н. Проблемы определения размеров наночастиц // Технологические процессы и материалы. Вестник СибГАУ 2011. №2. С. 167-170.
14. Левин А.Д. Модель многомерной градуировки для определения параметров дисперсных частиц по спектрам малоуглового рассеяния // Измерительная техника.– 2006.– №9 , С.34–36.
15. Левин А.Д. Определение характеристик взвеси частиц по спектрам малоуглового рассеяния света // Измерительная техника.– 2006.– №1, С. 57–60.
16. Люминесцентный метод контроля / Е.И.Тимошкин, Г.А.Маршалкин, А.В.Титкова, И.С.Алехина // Пищевая пром-сть. 1989. - №12. - с. 54- 59.
17. Осейко М. І. Технологія рослинних олій [Текст]: Підручник, – К.: Варта, 2006. – 280 с.
18. Основы аналитической химии: В 2 кн. / Под ред. Ю.С. Золотова.М.: Высшая школа, 2000, 264 с.
19. Патент 101854 Україна. Спосіб фотометричного визначення нітратів у джерелах водопостачання. МПК G01 №21/25, G01 №21/23 – опублікований 13.05.13, Бюл. №9
20. Погосян, А. М. К вопросу повышения качества очистки растительных масел от твёрдых примесей / А. М. Погосян // Вавиловские чтения : материалы Международной конф. - Саратов, 2007. – Ч. 3. – С. 154-156.

21. Разработка технологии очистки подсолнечного масла на стадии его хранения /Ф. Я. Рудик [и др.] //Хранение и переработка сельскохозсырья. – 2009. – № 3. – С. 17-19.
22. Рудик, Ф. Я. Инновационные методы очистки растительных жиров / Ф. Я. Рудик, И. В. Симакова // Материалы Международной науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию профессора Кобы В. Г. /ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2010. – С. 170-173.
23. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров. Том 1. Производство растительных масел [Текст] / Под ред. А.Г. Сергеева. – Л.: ВНИИЖ, 1990. – 720 с.
24. Стабников, В.Н. Процессы и аппараты пищевых производств /Н. В. Стабников, В. М. Лысянский, В. Д. Попов. – М. : Агропроиздат, 1985. – 510 с.
25. Т.В. Плетенева, П.И. Попов, А.В. Сыроешкин, А.С. Берлянд, К.С. Шаназаров, Е.В.Лесников, В.Л. Багирова // Определение распределения частиц по размеру методом лазерной дифракции// Ведомости НЦЭСМП. – 2007. – т. 4 –. С. 104-107.
26. Таранов В.В. Розмірний спектр мікрогених структур як фізико-хімічний стан рідинної системи /Вісник ХНТУ №3 (66). Вип 2. Херсон. 2018 р. С.93-96.
27. Техника и технологии производства и переработки растительных масел. С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.В. Романцева, В.П. Таров. С-Петербург, 2002.С 283.- 264 с.
28. Тулиева, М. С. Контролируемые параметры пищевой ценности растительных масел / М. С. Тулиева // Пищевая технология и сервис. - Алматы. -2011. - № 6. - С. 13-15.
29. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия /Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бархов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Дрофа, 2004. – 544 с.
30. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии: поверхностные явления и дисперсные системы / Ю.Г. Фролов. – М.: Альянс, 2004. – 482 с.

31. Харченко, Г. М. Проблемы очистки растительных масел в сельскохозяйственных предприятиях /Г. М. Харченко, В. И. Земсков// Ползуновский вестник. – 2012. - № 1. – С. 308-314.
32. Щербаков В.П. Технология получения растительных масел [Текст]. – М.: Колос, 1992. – 207 с.
33. Maria G. Corradini, Yan Lavinia Wang , An Le, et al. Identifying and selecting edible luminescent probes as sensors of food quality. AIMS Biophysics, AIMS Biophysics, 2016, 3(2): p 319-339, 410-421.
34. Mastersizer 3000E. Система для определения размеров частиц (гранулометрического состава). - Режим доступа <https://www.malvernpanalytical.com/ru/products/product-range/mastersizer-range/mastersizer-3000e> – Назва з екрану.
35. Riefler N., Wriedt Th. Intercomparison of Inversion Algorithms for Particle-Sizing Using Mie Scattering. Particle & Particle Systems Characterization. Vol. 25, Issue3. September 14, 2008. pp. 216-220.
36. Wilson, R. G. Fourier Series and Optical Transform Techniques on Contemporary Optics: An Introduction, John Wiley & Sons, New York, 1995, pp. 139-148.
37. Zashchepkina N. Quality control of frying oils by selected optical methods of analysis Actual problems of modern science/ Zashchepkina N, Taranov V, Nakonechnyi O.// Monograph: edited by Skyba M., Topolinski T., Musial. J., Polishchuk O. – Khmelnytskyi National University, 2019, pp. 291-292.